

10 | 57^e jaargang

NATUUR '89 & TECHNIEK

natuurwetenschappelijk en technisch maandblad



LEVEN IN DE WOESTIJN/ BOLHOPEN/ONDERVOED OF OVERVOERD/
HET DIGITALE LANDSCHAP/WIEGEDOOD/HET KEUREN VAN WAREN

**SOMMIGE
SLECHTZIENDEN
ZIEN DIT.**

**SOMMIGE
SLECHTZIENDEN
ZIEN DIT.**

SOMMIGE GOEDZIENDEN ZOULDEN DAAR EENS AAN MOETEN DENKEN.

Zo'n honderdduizend Nederlanders hebben te kampen met slechtziendheid.

Dat is niet zielig, maar wel verdraaid lastig. Want sommige slechtzienden kunnen bijvoorbeeld overdag redelijk goed zien.

Maar 's avonds praktisch geen snars.

Anderen zien een paar vierkante centimeter scherp, maar alles er omheen wazig.

Zo zijn er vele vormen van slechtziend-

heid, waar weinig of niets aan te doen is.

U kunt er wel iets aan doen.

Heel af en toe. Gewoon door begrip te tonen. Of waar nodig een helpende hand uit te steken.

Soms herkent u een slechtziende aan de button die verkrijgbaar is bij de Nederlandse Vereniging van Blinden en Slechtzienden, Postbus 2344, 3500 GH Utrecht, telefoon 030 - 93 11 41.



NATUUR '89 & TECHNIEK

Losse nummers:
f 10,00 of 200 F.

natuurwetenschappelijk en technisch maandblad



Bij de omslag

Hebbes! Deze gekko heeft een smakelijk insect te pakken. De maaltijd helpt hem aan voedingsstoffen en aan water; van levensbelang, maar ó zo schaars in de woestijn. Vandaar dat alle woestijndieren er zeer zuinig mee om gaan, zo zuinig dat sommige zelfs nooit hoeven te drinken. Hoe ze dat doen leest u op pag. 742 e.v.

(Foto: Bruce Coleman Ltd.)

Hoofdredacteur: Th.J.M. Martens.
Adj. hoofdredacteur: Dr G.M.N. Verschuuren.
Redactie: Drs H.E.A. Dassen, Drs G.F.M. Hendrickx,
Drs T.J. Kortbeek, Drs R.W. van Nues.
Redactiesecretaresse: R.A. Bodden-Welsch.
Onderwijscontacten: W.H.P. Geerits, tel.: 04759-1305.
Redactiemedewerkers: Drs. J. Bouma, Drs. G.P.Th. Kloeg,
A. de Kool, Drs J.C.J. Masschelein, Ir S. Rozendaal, Dr J. Willems.
Wetenschappelijke correspondenten: Ir J.D. van der Baan, Dr P. Bentvelzen, Dr W. Bijleveld, Dr E. Dekker, Drs C. Floor, Dr L.A.M. v.d. Heijden, Ir F. Van Hulle, Dr F.P. Israel, Drs J.A. Jasperse, Dr D. De Keukeleire, Dr F.W. van Leeuwen, Ir T. Luyendijk, Dr P. Mombaerts, Dr C.M.E. Otten, Ir A.K.S. Polderman, Dr J.F.M. Post, R.J. Querido, Dr A.F.J. v. Raan, Dr A.R. Ritsema, Dr M. Sluys, Dr J.H. Stel, J.A.B. Verduijn, Prof dr J.T.F. Zimmerman.

Redactie Adviesraad: Prof dr W. J. van Doorenmaalen, Prof dr W. Fiers, Prof dr H. van der Laan, Prof dr ir A. Rörsch, Prof dr R. T. van de Walle, Prof dr F. Van Noten.

De Redactie Adviesraad heeft de taak de redactie van *Natuur en Techniek* in algemene zin te adviseren en draagt geen verantwoordelijkheid voor afzonderlijke artikelen.

Vormgeving: H. Beurskens, J. Pohlen, M. Verreijt.
Druk.: VALKENBURG OFFSET b.v., Echt (L.). Tel.: 04754-81223.
Redactie en administratie zijn te bereiken op:
Voor Nederland: Postbus 415, 6200 AK Maastricht. Tel.: 043-254044.
Fax: 043-216124.
Voor België: Tervurenlaan 32, 1040-Brussel. Tel.: 00-3143254044.
Fax: 00-3143216124.

Artikelen met nevenstaand vignet resulteren uit het EURO-artikelen project, waarin *Natuur en Techniek* samenwerkt met ENDEAVOR (GB), LA RECHERCHE (F), BILD DER WISSENSCHAFT (D), SCIENZA E TECNICA (I), PERISCOPIO TIS EPISTIMIS (GR) en MUNDO SCIENTIFICO (E), met de steun van de Commissie van de Europese Gemeenschappen.

Gehele of gedeeltelijke overname van artikelen en illustraties in deze uitgave (ook voor publikaties in het buitenland) mag uitsluitend geschieden met schriftelijke toestemming van de uitgever en de auteur(s).

Een uitgave van

ISSN 0028-1093



Centrale uitgeverij en adviesbureau b.v.

INHOUD

AUTEURS VIII

HOOFDARTIKEL 741
Milieus

STRIJD TEGEN DE DROOGTE 742

Leven in de woestijn

H. Dumont en K. De Smet

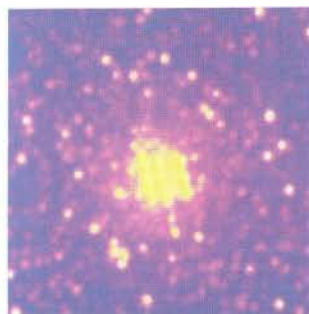
Wie predikt in de woestijn wordt niet geacht veel gehoor te vinden. Maar zoals zovele spreekwoorden is ook dit misleidend. Woestijnen zijn namelijk verbazend rijk aan leven. De woestijnbiologie, een discipline die voornamelijk door Franse onderzoekers in de Sahara werd ontwikkeld, heeft de laatste jaren een grote vlucht genomen. Woestijnen zijn ecosystemen waar door gebrek aan vloeibaar water de mogelijkheden voor leven begrensd zijn. In deze brede definitie zijn ook de poolwoestijnen begrepen, maar wij beperken ons in dit artikel tot de warme, zogeheten keerkring-woestijnen.



BOLHOPEN 754

F. Verbunt en G. Meylan

Een bolhoop is een kogelvormige verzameling van tussen de honderdduizend en één miljoen oude sterren. In de dichte kern van de bolhoop passeren sterren elkaar op zeer korte afstand, waarbij nu en dan dubbelsterren worden gevormd. Met name dubbelsterren die een neutronenster bevatten zijn interessant, omdat deze röntgen- en radiostraling uitzenden. Recentelijk hebben astronomen zich gerealiseerd dat de vorming van dubbelsterren een belangrijke rol speelt in het bestaan van een bolhoop: dubbelsterren verhinderen een catastrofale ineenstorting.



ONDERVOED OF OVERVOERD 768

Een delicate balans

M. Hoffmans

Een gezond mens van 70 kg weegt na een jaar nog steeds 70 kg en de hoeveelheid vet en eiwit in zijn lichaam is hetzelfde gebleven. Toch heeft zijn lichaam gedurende dat jaar onder andere 25 kg eiwit, 150 kg koolhydraten en 4 mg jodium omgezet en verwerkt. Dat gebeurt tijdens talrijke stofwisselingsprocessen die zeer nauwkeurig op elkaar afgestemd dienen te zijn. Wanneer er teveel of juist te weinig voedingsstoffen het lichaam binnenkomen raakt die afstemming verstoord en spreken we van wanvoeding. Wat zijn de oorzaken en de gevolgen hiervan?



NATUUR '89 & TECHNIEK

oktober/57^e jaargang/1989



WANDELEN DOOR DE TOEKOMST

778

Het digitale landschap

J. Roos-Klein Lankhorst

Hoe gaat onze omgeving er uit zien als er een nieuwe weg wordt aangelegd of een nieuw gebouwencomplex verrijst? Meestal is dat pas duidelijk als de geplande objecten voltooid zijn, en dan is het te laat om nog wijzigingen aan te brengen. Sinds kort kunnen toekomstige situaties met behulp van een computer in beeld worden gebracht. Nu computers steeds krachtiger worden en de gecreëerde beelden fotorealisme beginnen te benaderen, is de verwachting dat dit type computergebruik sterk zal toenemen, al leveren invoer van gegevens en de benodigde rekentijd nogal wat problemen.

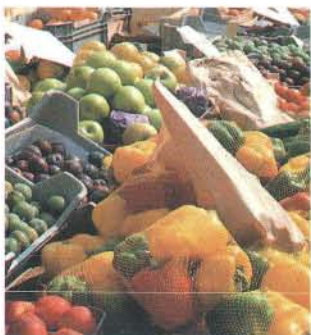


WIEGEDOOD

790

G. Buck

Ieder jaar opnieuw speelt zich in tientallen Belgische en Nederlandse gezinnen een tragedie af. De hele familie is ontzettend blij met de geboorte van een baby. Er zijn geen problemen, het kindje lijkt gezond. Regelmatige bezoeken aan het consultatiebureau leveren niets bijzonders op. En dan op een dag, als de baby drie maanden oud is, legt zijn moeder hem in de wieg en stopt hem goed in, omdat hij een beetje verkouden is. Ze gaat verder met haar dagelijkse bezigheden, hoort uit de kinderkamer niets, gaat een uur later kijken en vindt haar kindje dood, met bloederig schuim om de mond.



GEEN KNOLLEN VOOR CITROENEN

802

Het keuren van waren

R. ten Broeke

De consument wenst waar voor zijn geld en wil van die waar zeker niet ziek worden. Van veel levensmiddelen en gebruiksartikelen ligt daarom wettelijk vast wat er wel of niet in moet zitten. Het kan zeer lucratief zijn deze voorschriften te ontduiken, zodat waren – overigens vaak ook zonder dat er opzet in het spel is – niet altijd aan de eisen voldoen. In Nederland en België staan keuringsdiensten voor de taak zulke misstanden op te sporen en de vervalsers of vervuilers te bekeuren. Hierbij weten zij zich gesteund door de modernste analyseapparatuur.

ANALYSE EN KATALYSE

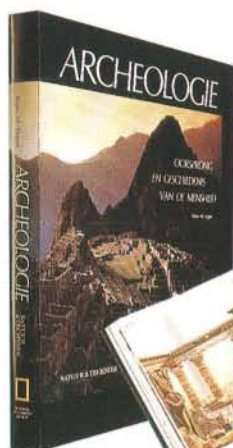
814

Zonder kunstmest/Een vreemde stam met bizarre gewoonten

ACTUEEL/BOEKEN/PRIJSVRAAG

824

ELKE SAMENLEVING HEEFT EEN VERKLARING VOOR HAAR ONTSTAAN



EEN NIEUWE UITGAVE VAN
NATUUR & TECHNIEK IN
SAMENWERKING MET DE
NATIONAL GEOGRAPHIC
SOCIETY

Voor onze abonnees:

'Archeologie' is de nieuwste uitgave van Natuur & Techniek. Wij stellen dit boek graag aan onze abonnees ter beschikking als PREMIEBOEK 1989, tegen de speciale prijs van fl. 95,- of 1860 F (excl. verzendkosten), betaalbaar in twee termijnen; de normale prijs is fl. 145,- of 2845 F. U kunt het boek bestellen m.b.v. het ingesloten overschrijvingsformulier. Voor nabestellingen kunt u ons bellen in Nederland: 0(0-31)43-254044.

De auteur:

Brian M. Fagan werd geboren en opgeleid in Engeland. Hij promoveerde aan de universiteit van Cambridge in de archeologie. Zijn werk als archeoloog voerde hem naar Zambia en Californië. In Centraal-Afrika bracht hij zes jaar door met het opgraven van oude boerendorpen en onderzocht hij de IJzertijdsamenleving die daar zo'n duizend jaar geleden tot bloei kwam. Na een jaar veldwerk in Oost-Afrika vertrok hij naar de Verenigde Staten, waar hij tegenwoordig hoogleraar is in de antropologie aan de universiteit van Californië te Santa Barbara.





Brian M. Fagan

ARCHEOLOGIE

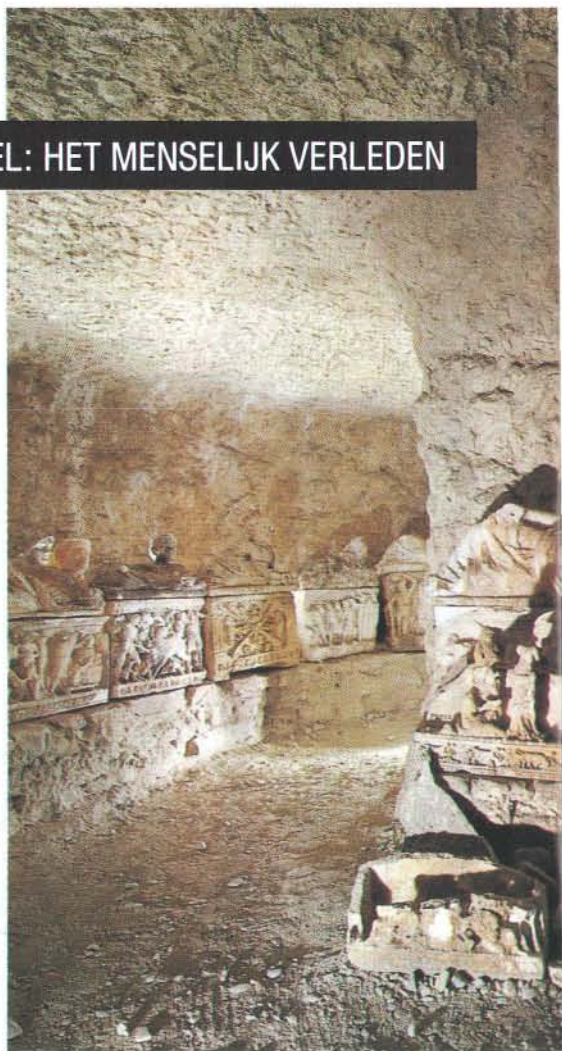
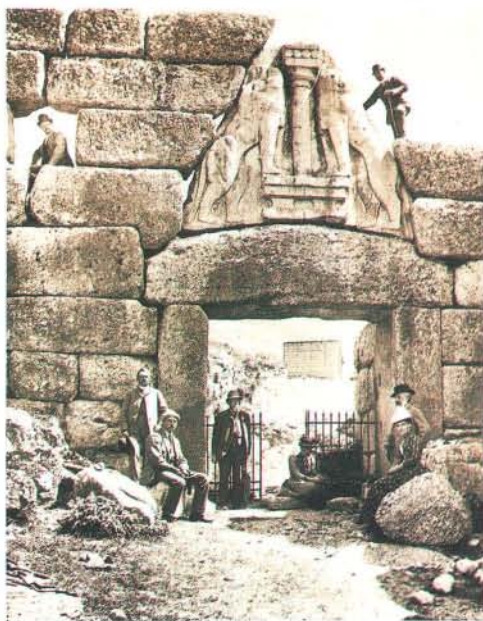
OORSPRONG EN GESCHIEDENIS
VAN DE MENSHEID

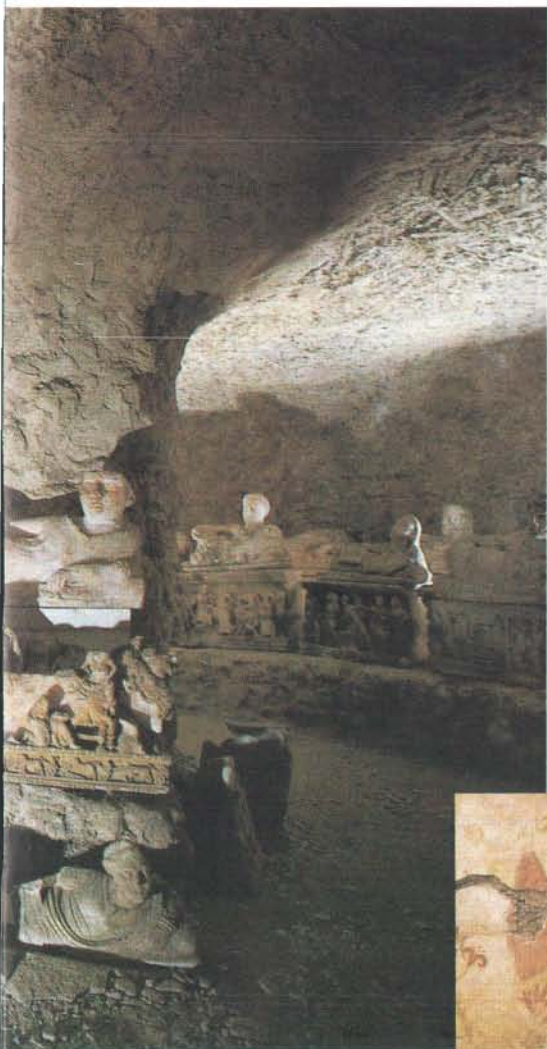
ONS GEMEENSCHAPPELIJK ERFDEEL: HET MENSELIJK VERLEDEN

Graven naar het verleden

Het opgraven van het verleden is een ontwikkelde wetenschap geworden, die een beroep doet op de deskundigheid van een klein legertje specialisten. Dit boek vertelt hoe die wetenschap gegroeid is — een boeiend relaas van reizigers en rovers, van wilskrachtige avonturiers, van geduldige, eenzame opgravers en groepen geleerden die de woestijn intrekken of naar de bodem van de zee duiken. Op deze bladzijden wordt u getuige van de ontdekking van vergeten beschavingen — de Assyriërs en Sumeriërs van Mesopotamië, de Kretenzers, de bewoners van Harappa, de Olmeken van Mexico.

In woord en beeld reist u door de tijd met de Leakey's naar het ontstaan van de mens in Oost-Afrika, met Kathleen Kenyon naar de 10 000 jaar oude muren van Jericho. U kijkt mee over de schouder van Howard Carter wanneer hij het graf van Toetanchamon opent en u duikt met George Bass naar de bodem van de Middellandse Zee om een scheepswrak uit de Bronstijd te onderzoeken.





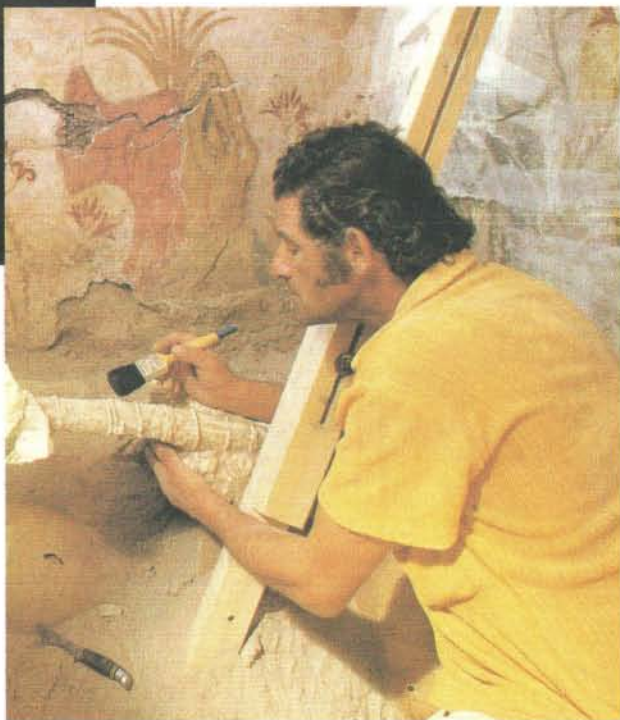
U ontdekt wat stenen werktuigen en botsplinters over het verleden kunnen vertellen. Een scherf onthult bijna evenveel als een complete schaal. Die ene munt in ongestoorde ligging levert meer informatie op dan een gouden schat die is losgerukt uit zijn vondstomstandigheden. Elk spoor, hoe nietig ook, draagt bij tot onze kennis omtrent de levenswijze van onze voorouders.

Sporen van de mensheid

Anderhalve eeuw geleden namen geleerden aan dat de mens nog pas 6000 jaar op aarde was en de Egyptenaren de eerste beschaving hadden gegrondvest. Tegenwoordig onderzoeken archeologen de twee miljoen jaar lange geschiedenis van de mensheid en tientallen vroege beschavingen die wij kennen uit duizenden vindplaatsen, klein en groot, op kustlijnen en bergtoppen, in woestijnen en regenwouden, diep onder moderne steden en zelfs op de bodem van rivieren, meren en zeeën.

In dit boeiende en eigentijdse boek, dat oorspronkelijk door de befaamde National Geographic Society in de Verenigde Staten werd uitgegeven en waarvan thans in samenwerking met Natuur & Techniek een Nederlandse editie verschijnt, komen alle aspecten van de archeologie aan de orde.

Met meer dan 350 schitterende foto's en vele kaarten en tekeningen wordt het avontuur van de archeologie in beeld gebracht.



Formaat 23 x 28 cm
Geheel in vierkleurendruk
Gebonden in linnenband met stofomslag
368 pagina's met 413 afbeeldingen
Prijs: fl. 145,- of 2845 F
Voor onze abonnees: fl. 95,- of 1860 F (Betaalbaar in 2 termijnen)

Biomaatschappij

Manipuleren, ook met het leven, is karakteristiek voor de mens. Dit schrijft Prins Claus in het voorwoord tot dit cahier. De consequenties van de manipulaties die bij de huidige stand van de wetenschap mogelijk zijn, vragen echter ernstige overdenking. Wat willen we met onze technische mogelijkheden eigenlijk bereiken? Creëren we daarmee een betere wereld?

Een greep uit de inhoud:

Voorwoord

Z.K.H. Prins Claus

Manipuleren van micro-organismen en planten

N.W.F. Kossen

Genetische manipulatie in de veehouderij

A.J.H. van Es

De nieuwe biologie en de geneeskunde

P. van Duijn

Ingrijpen in de voortplanting van de mens

E.V. van Hall

Manipuleren van het milieu

A.J. Wiggers

Een biorevolutie?

J.J. van Duijn



CAHIERS BIOWETENSCHAPPEN EN MAATSCHAPPIJ

Het cahier BIOMAATSCHAPPIJ kan worden besteld bij Natuur & Techniek - Informatiecentrum - Postbus 415 - 6200 AK Maastricht - Tel. 043-254044 (vanuit België: 00-3143254044). Het kost f 7,50 of 145 F (excl. verzendkosten).

AUTEURS

Prof dr H.J.F. Dumont ('Woestijnleven') werd geboren te Denderleeuw op 8 februari 1942. Hij studeerde van 1959 tot 1964 biologie aan de RU Gent, waar hij in 1968 promoveerde. Hij bleef als wetenschappelijk ambtenaar verbonden aan dezelfde universiteit en is daar thans hoogleraar dierecologie, biogeografie en natuurbehoud.

Dr K.J.M. De Smet ('Woestijnleven') aanschouwde op 2 mei 1952 in Gent het levenslicht. Aldaar studeerde hij landbouwwetenschappen en promoveerde hij dit voorjaar op een studie over de verspreiding van grote woestijndieren. Sinds 1980 is hij docent aan de landbouwfaculteit El Harrach te Algiers.

Prof dr F. Verbunt ('Bolhopen') werd in 1953 in Goirle geboren. Hij studeerde en promoveerde in Utrecht. Daarna werkte hij bij het Institute of Astronomy in het Engelse Cambridge en bij het Max-Planck-Institut für Extraterrestrische Physik in Garching bei München. Sinds vorige maand is hij hoogleraar hoge-energie astrofysica in Utrecht.

Dr G.M. Meylan ('Bolhopen') studeerde wis-, natuur- en sterrenkunde in Genève en in zijn geboorteplaats Lausanne. Hij promoveerde in 1985. Hij werkte daarna bij het Astronomy Department in Berkeley, V.S. en bij de ESO in Garching. Momenteel is hij verbonden aan het Space Telescope Science Institute te Baltimore.

Ir M.D.A.F. Hoffmans ('Voeding') werd op 18 oktober 1953 in Waalwijk geboren. Zij studeerde van 1972 tot 1978 humane voeding aan de LU Wageningen. Vanaf 1984 werkt ze bij het Instituut voor Sociale Geneeskunde van de RU Leiden, van waaruit ze sinds jongstleden januari gedetacheerd is bij het Centrum voor Epidemiologie van het RIVM te Bilthoven.

Dr ir J. Roos-Klein Lankhorst ('Landschapsarchitectuur') studeerde aan de LU Wageningen, waar ze in maart promoveerde. Na haar studie ontwierp zij onder meer een uitbreidingsplan voor het Surinaamse dorp Wageningen, werkte ze als landschapsarchitect bij het ingenieursbureau de Grontmij n.v. en was ze medewerkster van de vakgroep Informatica van de LUW. Thans werkt ze bij het Staringcentrum.

Dr G.M. Buck ('Wiegedood') is klinisch assistent-hoogleraar in de reproductie-epidemiologie aan de medische faculteit van de universiteit van de staat New York in Buffalo. Daarnaast is zij als senioronderzoeker partner in een particulier instituut: George Carlo and Associates.

Drs R. ten Broeke ('Keuringsdiensten') werd in 1930 in Amsterdam geboren. Daar studeerde hij scheikunde na enige jaren in de verfindustrie te hebben gewerkt. In 1964 trad hij in dienst van de Keuringsdienst van Waren in Amsterdam, waar hij chef van het microbiologie- en het bestrijdingsmiddelenlaboratorium was en daarna hoofdscheikundige en directeur.

Milieus

Voor het eerst in pakweg een halve eeuw is zeker 95 procent van de westerse bevolking het weer met elkaar over iets eens: het milieu moet worden beschermd. Je kunt er hooguit nog over twisten of je daarvoor het reiskostenforfait moet afschaffen (hoewel dat is verbonden aan de afstand wonen-werk, niet met het vervoermiddel), maar overigens is er overweldigende eensgezindheid.

En iedereen weet kennelijk wat het milieu is. Walvissen en zeehondjes horen erbij — die zijn er 'altijd' geweest. Maar de saaie en in onze streken 'vreemde' naaldbossen moeten ook beschermd worden. Niemand roept er 'gelukkig dat we van die beplanting afkomen en terug kunnen naar de redelijk tegen zure regen bestendige en hier van nature voorkomende loofwouden'.

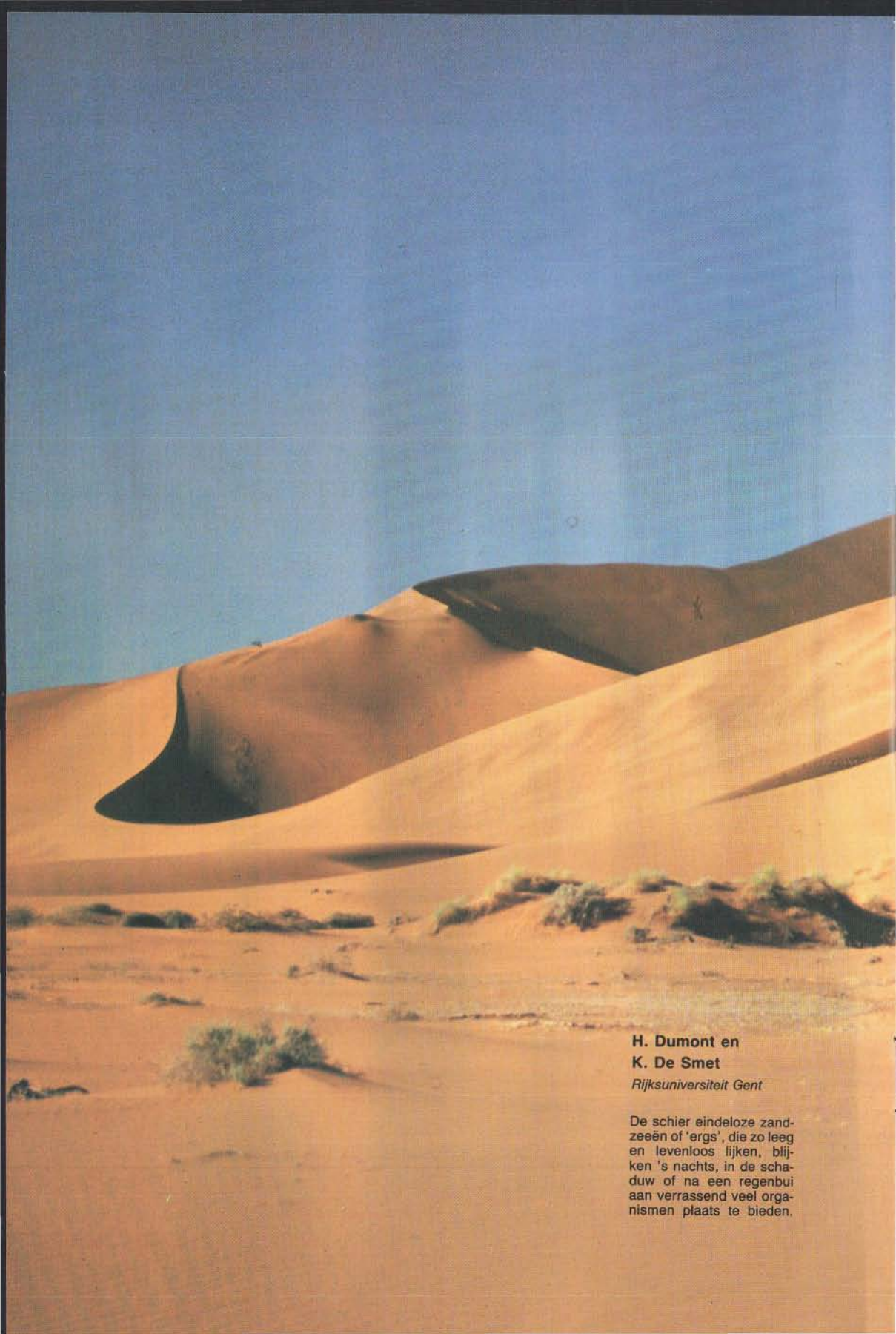
Het milieu dat we willen beschermen heeft wel iets met de natuur te maken, maar zeker niet zo gek veel met een natuur zoals die eruit zou zien als de mens niet zijn eigen omgeving had gemaakt, of laten we zeggen een natuur waarop de mens niet meer invloed heeft dan andere soorten: het oerwoud van voor 1900 of West-Europa van 3000 jaar terug. De polder bijvoorbeeld hoort er wel degelijk bij en zelfs de boerderij en de bloeiende boomgaard. Is het milieu dan de natuur die er was toen mijn grootouders kinderen waren?

We kunnen ook kijken wat er beslist niet in het milieu hoort volgens de algemene opvattingen. Dat zijn in het algemeen twee sterk uiteenlopende dingen: grote, het aanzien verstorende objecten (autowrakken, flatgebouwen) en molekulen van stoffen die de bestaande levensvormen aantasten, hetzij door direct ingrijpen in de organismen, hetzij door verstoring van de ecologische niche.

De bestrijding van de aantasting van de eerste categorie heeft er enkele nieuwe hulpmiddelen bij. Uit het artikel van Roos-Klein Lankhorst op pag. 778 blijkt, dat het steeds beter mogelijk wordt de effecten van nieuwe bebouwing en beplanting in een landschap tevoren te bekijken.

In het tweede geval ligt het een stuk ingewikkelder. In de eerste plaats willen we niet echt allemaal alle bestaande soorten beschermen. Eigenlijk vinden de meeste mensen dat die enge insecten best bestreden mogen worden, maar dan niet met middelen die ook schadelijk zouden kunnen zijn voor henzelf. Of voor soorten die wel om de een of andere reden bescherming verdienen. Dat leidt tot begrippen als 'aanvaardbare verontreiniging': er mogen wel schadelijke stoffen in de (overigens te beschermen) natuur komen, mits die niet teveel kapot maken. En wat teveel is volgt uit een soort afweging tussen het comfort dat de schadelijke stoffen met zich meebrengen (of het discomfort dat niet gebruiken met zich mee zou brengen) en uit de schade die wordt aangericht.

Feitelijk wordt het milieu zo niet zozeer gezien als de natuur om ons heen, maar als de ecologische niche voor *homo sapiens*. Milieubehoud is dus niet zozeer behoud van het milieu als wel optimalisering van die niche, aanpassing van de omgeving aan de mogelijkheden voor menselijk leven, ofwel doorgaan met datgene wat misschien de mens wel het meeste onderscheidt van alle andere organismen: het maken van de eigen wereld.



**H. Dumont en
K. De Smet**

Rijksuniversiteit Gent

De schier eindeloze zand-
zeeën of 'ergs', die zo leeg
en levenloos lijken, blij-
ken 's nachts, in de scha-
duw of na een regenbui
aan verrassend veel orga-
nismen plaats te bieden.



STRIJD TEGEN DE DROOGTE

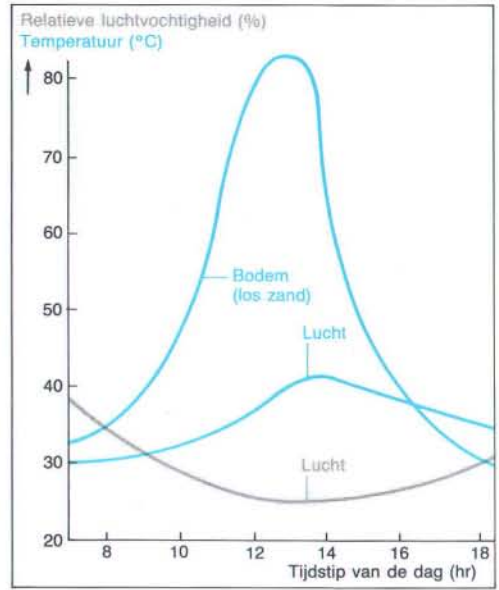
leven in de woestijn

Wie in de woestijn predikt wordt niet geacht veel gehoor te vinden. Maar zoals zovele spreekwoorden is ook dit misleidend. Woestijnen zijn namelijk verbazend rijk aan leven. De woestijnbiologie, een discipline die voornamelijk door Franse onderzoekers in de Sahara werd ontwikkeld, heeft de laatste

jaren een grote vlucht genomen. Woestijnen zijn ecosystemen waar door gebrek aan vloeibaar water de mogelijkheden voor leven begrensd zijn. In deze brede definitie zijn ook de poolwoestijnen begrepen, maar wij beperken ons in dit artikel tot de warme, zogeheten keerkringwoestijnen.

Woestijnen zijn het gevolg van de 'weermachine'. Op aarde ontvangt alleen de evenaarszone een constante, hoge dosis zonnestraling. De atmosfeer aldaar wordt permanent opgewarmd, bestaat daardoor uit opstijgende lucht en vertoont een lage druk. Met die opstijgende lucht gaat ook veel waterdamp mee, die op enige hoogte door afkoeling condenseert en als regen naar het oppervlak terugkeert. De onderdruk aan het oppervlak zorgt voor een aanzuiging van lucht ten noorden en ten zuiden van de evenaar. Dit veroorzaakt een luchtstroming in de richting van de evenaar, de zogenaamde *passaatwind*. Deze duwt de opgestegen evenaarslucht verder omhoog. Op circa 10 km hoogte begint deze luchtstroom af te buigen en poolwaarts te waaien, de zogenaamde *antipassa*. Door verlies van waterdamp is de lucht boven de evenaar erg droog.

Bij de dertigste breedtegraad aangekomen begint de antipassaat kouder en daardoor zwaarder te worden. Bovendien wordt hij naar beneden gezogen ter compensatie van de passaat. De zone waar hij neerdaalt is een hogedrukzone, ruwweg bij de keerkringen gelegen. De neerdalende droge lucht ondergaat een opwarming, waardoor de kans op condensatie van het restje waterdamp dat zij nog bevat vrijwel nihil is. De hemel is hier vrij van wolken en de wind is er uitdrogend in plaats van vochtbrengend. Op deze wijze ontstaat er ten noorden en ten zuiden van de evenaar een gesloten systeem van luchtcirculatie, naar zijn ontdekker *Hadley-cel* genoemd. Dit systeem vormt de motor van de weermachine.

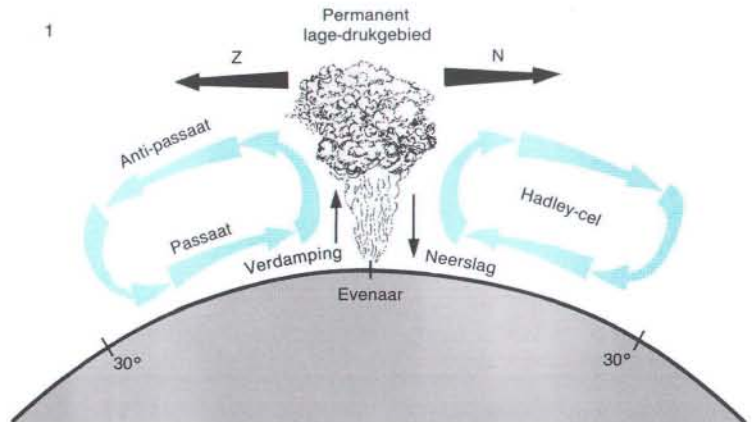


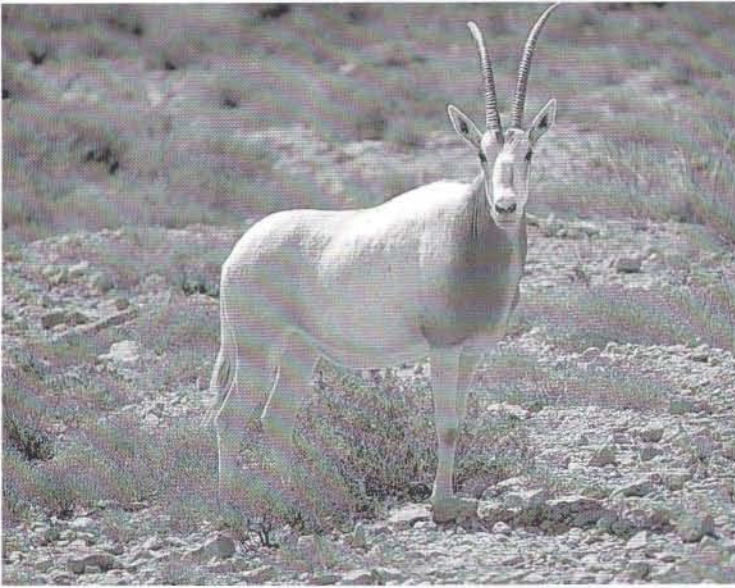
2

Het resultaat

Wat we zojuist beschreven hebben is zo'n stabiel geheel van factoren dat er altijd wel woestijnen zullen zijn geweest. Overigens zijn er tijdens het Kwartair – de geologische periode waarin we nu leven en die twee miljoen jaar geleden begon – talrijke klimaatsfluctuaties voorgekomen, zodat ook krimpen en uitdijen van woestijnen een bijna permanent fenomeen moet zijn geweest. Het hoofdkenmerk van

1. Het permanente lage-drukgebied boven de evenaar drijft de 'weermachine' aan. De bij de keerkringen neerdalende, droge luchtmassa's veroorzaken de woestijnen.





2. Overdag kan de bodemtemperatuur in een woestijn extreem hoog oplopen. Dat gaat gepaard met een zeer lage luchtvochtigheid. Woestijnen bieden dan ook allermint een vriendelijke leefomgeving.

3. De addax, de grootste antilope van de Sahara, was tien jaar geleden nagenoeg uitgeroeid. In reservaten weten de dieren zich thans weer te vermeerderen.

3

woestijnen is en blijft dat de neerslag slechts een tiende aanvoert van wat er door verdamping verloren gaat. Met dit kenmerk hangt een lage dampdruk, dus droge lucht, samen. Typisch voor de wolkenvrije, staalblauwe woestijnhemel is verder dat de warmte, die de zon overdag instraalt en die de atmosfeer en de bodem tot extreme temperaturen verhit, 's nachts weer even snel wordt afgegeven aan het heelal. Het resultaat is een sterke temperatuurschommeling. Het verschil kan in de atmosfeer dertig graden bedragen en aan de grond ruim zestig. De auteurs van dit artikel hebben in de Sahara zowel gezocht onder temperaturen boven 45°C , als gebibberd bij vrieskou.

De waterbalans

De 'struggle for life' is in de woestijn vooral een 'struggle for water'. Daarom bekijken wij eerst hoe de waterbalans van een woestijndier in elkaar zit. Aanvoer en afvoer van water dienen, op termijn, met elkaar in evenwicht te verkeren. Adaptaties aan het woestijnleven bestaan vooral in het opvoeren van de waterproduktie en het beperken van het waterverlies. We gaan beide afzonderlijk bekijken.

De aanvoer van water komt niet alleen voor rekening van drinkwater en water dat in het

opgenomen voedsel zit, maar ook van de vorming van water tijdens oxydatieve stofwisselingsprocessen. Doordat drinkwater in een woestijn nu eenmaal schaars is – zij het niet geheel afwezig – zijn talrijke woestijndieren vooral op de twee overige bronnen aangewezen. Het watergehalte van gras kan zelfs tachtig procent bedragen, maar in luchtdroge zaden en strooisel kan het ook nauwelijks boven de tien procent uitkomen. Onder dergelijke omstandigheden kan het voor woestijndieren dus van groot voordeel zijn als ze in staat zijn om via hun stofwisseling een extra hoeveelheid water te vormen. Niet alleen bij de verbranding van eiwitten en koolhydraten ontstaat er water, maar vooral bij de oxydatie van vetten: ongeveer één gram water per gram vet. Dieren die hun water volledig via vaste voeding en stofwisseling betrekken zijn ondermeer de oryx, de addaxantilope en tal van kleinere gazellesoorten. Zij hoeven hun hele leven geen druppel te drinken.

De andere zijde van de waterbalans nodigt uit om het waterverlies tot een minimum te beperken. Dieren verliezen water door verdamping via huid en longen, maar ook langs de weg van faeces en urine. Zo hebben veel woestijndieren een bijzonder efficiënt mechanisme om water te onttrekken aan de faeces in de en-

Het schip van de woestijn

INTERMEZZO I

Opvallend is dat de dromedaris — een kameelachtige die pas drieduizend jaar geleden uit Arabië in Noord-Afrika werd ingevoerd — niet optimaal is aangepast aan de woestijn. Hij moet namelijk regelmatig drinken. Daar staat tegenover dat kameelachtigen een sterke tolerantie voor vochtverlies hebben. Bij de meeste zoogdieren veroorzaakt 15% vochtverlies een dusdanige indikking van het bloed dat de dood volgt. Kameelachtigen kunnen zonder problemen voor hun stofwisseling tot 30% van hun lichaamswater verliezen. Hiervan is ruim de helft uit de darm afkomstig. Slechts 20% is afkomstig van bloed en lymfe, zodat het dier toch een normale bloedcirculatie behoudt. Even spectaculair is de mate waarin hij zijn waterbalans herstelt. Er zijn waarnemingen bekend waarbij een kameel, na 20% aan gewicht te hebben ingeboet, zijn uitgangsgewicht in minder dan tien minuten herstelde.



I-1

I-1. Met een drinkrecord van 182 liter, is de dromedaris de zuipschuit van de woestijn.

deldarm, en bovendien produceren zij sterk geconcentreerde urine. Deze laatste vorm is een flexibele aanpassing die ook bij mensen voorkomt, waar zij hormonaal gestuurd is. Bij langdurig verblijf in de woestijn wordt de urineproduktie bij de mens meer dan gehalveerd. Tal van specifieke aanpassingen kunnen hieraan toegevoegd worden. Zo slaat de addaxantilooop water op in zijn pens, een eigenschap die de nomaden van de Westelijke Sahara goed kennen. Om hun watervoorraad aan te vullen schoten zij vroeger — voor het dier nagenoeg werd uitgeroeid — een addax, openden zijn pens en vulden hun waterzakken met het felbegeerde groene vocht.

Een conflictsituatie

In theorie zou waterverlies volledig uitgeschakeld kunnen worden, door bijvoorbeeld een volstrekt waterdichte pels, verenkleed of pantser. Sommige woestijnplanten en insecten zijn met een laagje was bedekt en benaderen zo dit ideaal, maar bij *endotherme* of warmbloedige dieren zou dit op problemen stuiten. Warmbloedige dieren kunnen namelijk gemakkelijk oververhit raken, als ze geen goed systeem zouden hebben om warmte af te voeren. Welnu, het belangrijkste middel tot afkoeling is



4

4. De behoefte om na een spurtje snel te kunnen afkoelen is bij de woestijnvos of fennec groter dan bij andere vosachtigen. Vandaar de grote oren van dit nachtdier.

5. Van de oryxantilope komen meerdere ondersoorten voor. De donkere vorm van de Namibwoestijn is door een goed beheer nog vrij talrijk.

5





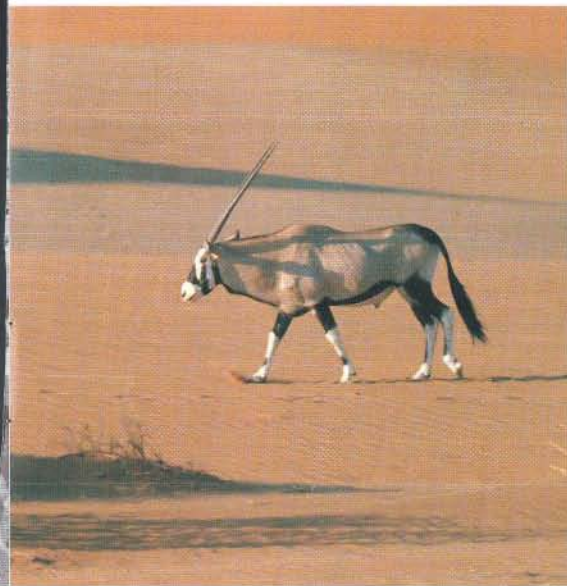
6

6. Vier jaar lang verzamelde de NASA satellietgegevens, om de produktiviteit van de aardse biosfeer in kaart te brengen. De donkerste gebieden produceren de meeste biomassa

(zwart: geen meetgegevens), de lichtste de minste. Woestijnen zijn duidelijk weinig produktief, niet verwonderlijk, want er valt minder dan 100 mm neerslag per jaar.

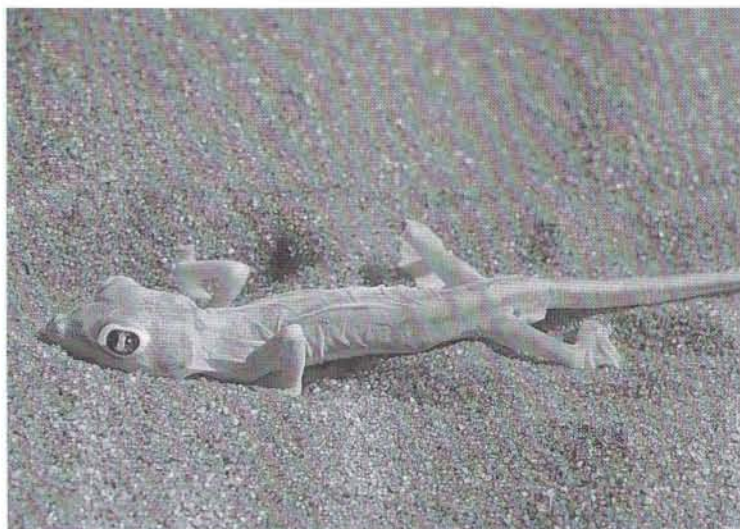
watervlies via zweten of hijgen. Naarmate de temperatuur op een zomerse woestijndag stijgt, moet er meer water aan afkoeling worden opgeofferd. Maar het watervlies hangt ook nog van andere factoren af. Allereerst van de droogte in de atmosfeer en de windsnelheid: hoe droger de lucht is en hoe harder het waait, des te sneller verdampt het water uit het organisme en des te groter is de kans op uitdroging.

Een andere factor die van belang is in verband met de temperatuursregulatie van het lichaam, is de relatieve lichaamsgrootte. Een gazelle, met haar relatief groot lichaamsoppervlak, zal natuurlijk per kilogram lichaamsgewicht meer warmte opnemen en afgeven dan een olifant, met zijn relatief groot volume. Omwille van de prijs in water die hiervoor moet worden betaald, kan dit zowel een voordeel als een nadeel betekenen. Het blijkt dat, onder gelijke omstandigheden, een muis pakweg een kwart en een kameel slechts 0,8% van zijn gewicht moet 'verdampen' om de lichaamstemperatuur constant te kunnen houden. Muizen hebben het dus erg moeilijk in de brandende woestijnzon; kamelen zullen er veel minder van merken. Kleine warmbloedige dieren lijken dus wel erg benadeeld in woestijnen: zij moeten hun temperatuurregulatie met veel watervlies betalen.





7



8

7. Zoals de meeste kleine zoogdieren in de woestijn, is de woestijnspringmuis 's nachts actief. Overdag slaapt hij in een hol, dat hij

als er jongen zijn met kameelhaar heeft bekleed.

8. De woestijngekko is een strikt nachtdier, dat zich

overdag diep ingraaft. Dat moet ook wel, want zijn huid is zó dun, dat de werfelkolom en enkele organen er door te zien zijn.

Hier staat echter tegenover dat de mogelijkheid om snel hitte af te voeren een noodzaak is na een hevige inspanning. Een hermetisch gesloten omhulsel, dat zweten verhindert of beperkt, kan dan fataal zijn. Het is bekend dat 'spurters' zoals antilopen en gazellen, op hun snelheid rekenen om aan roofvijanden te ontsnappen. Zij kunnen die inspanning echter niet lang volhouden, zonder dat de motor onomkeerbaar heet loopt. Vijf minuten spurten volstaat om een gazelle in onoplosbare thermische problemen te brengen. Hijgen helpt dan niet meer, het dier kan op geen enkele manier genoeg warmte afvoeren en de dood volgt onverbiddelijk.

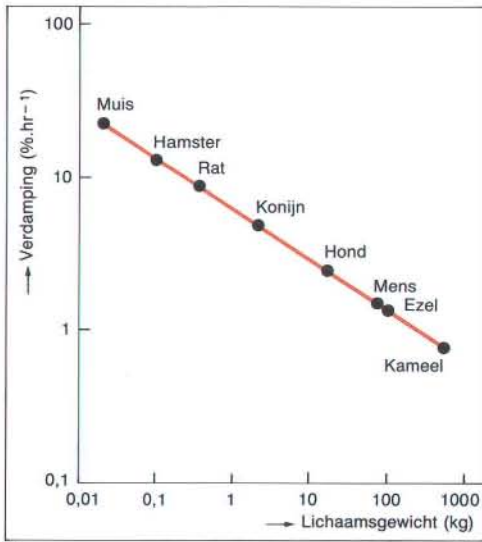
Elke toerist wil wel graag een dia van een gazelle, een addax of een struisvogel. Maar deze beesten zijn bepaald niet autovriendelijk en spurten zodra ze een landrover zien de open ruimte in; en de toeristen er maar achteraan! Helaas is dit – zoals wij eerder zagen – na korte tijd fataal! Bij 45 km per uur sterft een addax na amper acht minuten, bij 20 km per uur na minder dan een uur. Normaal rusten de dieren overdag acht à twaalf uur, herkauwend in de schaduw van een rots of boom. Ze leve-

ren geen onnodige inspanningen, om hun kostbare watervoorraad zo lang mogelijk op peil te houden.

Ontwijken om te overleven

Wie in de woestijn klein is, en een sterk waterdoorlatende huid heeft, moet zich beschermen tegen de hitte. De meest verspreide strategie van planten en dieren in de woestijn bestaat erin te overleven door zich aan die woestijn te onttrekken – dagelijks of voor langere tijd.

Uit afbeelding 9 en het gegeven dat 15% gewichtsverlies door uitdroging fataal is, kan men afleiden dat er voor activiteiten overdag een minimum grens geldt voor het lichaamsgewicht – in de buurt van 15 tot 20 kilogram. Voor dieren die lichter zijn, leidt activiteit overdag tot de dood door uitdroging. Op grond van hun lichaamsgewicht zijn woestijndieren ruwweg te verdelen in dag- en nachtdieren. De nachtdieren zijn in aantal ruim in de meerderheid; daaronder vallen niet alleen vele kleine warmbloedigen maar ook een groot aantal *ectotherme* of koudbloedige dieren. Zij zoeken overdag holen en grotten op. Het hol-



9

9. De prijs voor het behoud van een constante lichaamstemperatuur, die warmbloedigen in waterverlies moeten betalen,

neemt af met een toenemend lichaamsgewicht. Daarom leven kleine woestindieren in holen en zijn zij 's nachts actief.

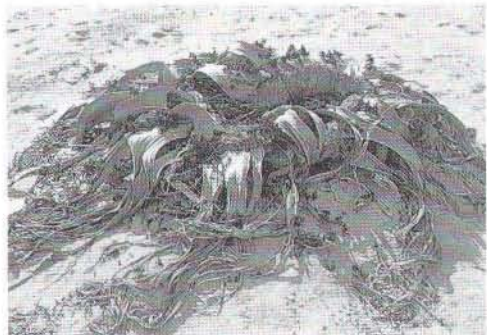
klimaat biedt voor dieren een opmerkelijk constante temperatuur en dampdruk, die door de bewoners onder andere gereguleerd wordt door het afwisselend openen en sluiten van het hol en het kiezen van de juiste vorm en diepte. Onder de kleintjes die hiervan gebruik maken zijn niet alleen insecten, hagedissen, slangen en kleine zoogdieren zoals muizen, springmuizen en fennecs, maar ook amfibieën. Om een idee van het nachtleven te krijgen volstaat het 's morgens op een duin te gaan wandelen en de sporen in het zand te bekijken.

Bij vele dieren gaat de aanpassing echter verder dan het afwachten van de koele nacht. Alle woestijnkikkers bijvoorbeeld, zijn uitstekende gravers, die zich zonder moeite één tot twee meter diep in het zand kunnen werken. Hier wachten zij in *lethargische* toestand, al dan niet omgeven door een cocon, de komst van regen af. Deze toestand kan maanden duren, en de stofwisseling wordt gedurende al die tijd vrijwel stilgelegd. Dit is een vorm van zomerslaap die onmiskenbaar een parallel vertoont met de winterslaap in koude klimaten. Beide vormen dienen ertoe om ongunstige perioden te overbruggen.

Wachten op water

Wonderlijk is dat, zodra enige regen in het zand doordringt, de stofwisseling prompt wordt opgevoerd en de dieren een grote activiteit gaan ontwikkelen. Bij een goede woestijnregen vullen tal van lager gelegen delen zich met water. Enkele weken later zijn die alweer opgedroogd, maar zo'n korte periode is voor graafkikkers lang genoeg om te paren en eieren te leggen en voor de dikkoppen die ontluiken voldoende om zich tot kikker te ontwikkelen. Die beginnen vrijwel terstond aan hun verborgen, ingegraven leven.

Hoe kunnen woestijndikkoppen zich zo snel ontwikkelen? Waar komt hun voedsel vandaan? Ook dit wordt door de plassen in overvloed geleverd. In het bodemslib liggen namelijk miljoenen droogteresistente, door een veellagige eischal omgeven cysten van planktondieren te wachten. Het meest bekend zijn de spookkreeftjes of Anostraca, een groep garnaalachtige schaaldieren die tot drie centimeter groot worden. Die voeden zich met gesuspendeerde organische materie. Een cyste weegt ongeveer 4 microgram en een volwassen dier 40 milligram. Die gewichtstoename, een factor 10000 groot, doorlopen zij in één week. Wie ooit het geluk had een gevulde regenplas in de woestijn te zien, zal zich het krioelende leven zijn leven lang blijven herinneren.



10

10. Welwitschia is ondergronds een succesvollere groeier dan bovengronds. Terwijl de wortels tot 30 m

diepte reiken, scheurt de wind de twee bladeren van de plant tot repen.

Ook de droogteresistentie van de cysten is legendarisch. Zij weerstaan temperaturen tot 90°C en blijven tientallen jaren levensvatbaar. Het huidige record werd gevestigd toen een onderzoeker in Khartoum wat modder van de muur van zijn instituut afschraapte en in een aquarium bracht. Bekend was dat die muur 55 jaar eerder met slib uit een regenplas was bepleisterd. Na twee dagen was het aquarium vol met zwemmende watervlooien.

Heel wat planten vertonen, via hun zaden, hetzelfde mechanisme als het woestijnplank-

naaldbomen bestaat bovengronds uit slechts twee lederachtige bladeren, ingeplant op een korte 'knoest'. Door de wind worden de bladeren al gauw in repen gescheurd, zodat de plant de indruk van een rommelhoop maakt. Welwitschia's vindt men vaak in rijen langs de randen van droge beddingen van woestijnrivieren. Deze plek is een compromis tussen de diepte waarop de plant met zijn wortels nog bij het grondwater kan komen en het risico bij regen door plotselinge vloedgolven te worden vernietigd.



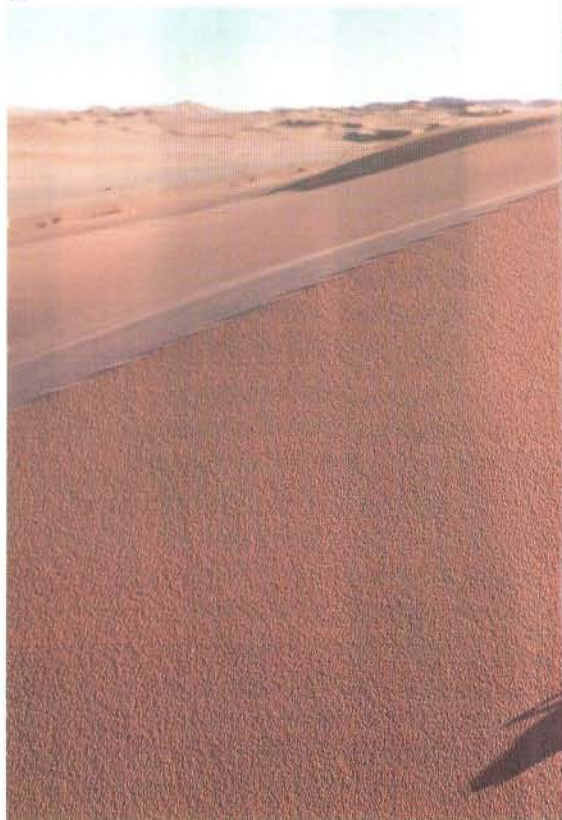
11

11. Zodra er wat regen is gevallen, bloeit de saguarocactus uitbundig.

12. Evenals deze krekel laten veel nachtdieren hun sporen na in het rulle woestijnzand.

13. Volstrekt ongevaarlijk is de Australische bergduivel of moloch, die per maaltijd zo'n 1800 mieren verorbert. Als het dier nat wordt, zuigt de huid veel water op, dat naar zijn mondhoeken sijpelt.

12



ton. Na een regenbui komen in de woestijn vrijwel terstond kruiden en grassen op die, na een flitsend snelle ontwikkeling, zaad maken dat de volgende regens afwacht. De bovengrondse delen sterven weer af of gooien hun bladeren af. Onnodig waterverlies via deze grote oppervlakken, zelfs met gesloten huidmondjes en beschermende waslaagjes, wordt zo vermeden.

Het water opzoeken

Een andere, veel voorkomende aanpassing bij woestijnplanten, is het ontwikkelen van verticale wortelstelsels die doorgroeien tot zij het grondwater bereiken. Dergelijke *phreatophyten* halen niet zelden diepten van 30 m. Een recordlengte van 53 m werd ooit gemeten bij een *Prosopis*-boom. De doornbomen (*Acacia*), enkele palmsoorten en de merkwaardige *Welwitschia mirabilis* uit de Namibwoestijn behoren hiertoe. Deze laatste is een verwant van de



13

Meer dan een zandbak

Naarmate onze ecologische inzichten in de woestijnbiologie toenemen, wordt duidelijker dat dieren kunnen 'ontsnappen' aan de woestijn doordat de woestijnbiotoop zo'n rijkgeschakeerd patroon vertoont. Neem bijvoorbeeld de Sahara. Deze grootste en mooiste woestijn ter wereld – in de woorden van de legendarische pionier Théodore Monod – is alles behalve de zandbak waarvoor velen hem verslijten. Zand is er uiteraard wel, maar de grote zandzeeën (of *ergs*) maken samen niet meer dan een kwart van zijn oppervlakte uit. Een zestal bergketens is goed voor nog eens tien procent. Verreweg het meest typische woestijnlandschap is echter het stenige plateau (of *reg*). Plateaus kunnen plaatselijk sterk ingesneden zijn door diepe canyons.

Duinen zijn voor water goed doorlaatbaar en vormen in de diepte goede waterreservoirs; duinpannen in zandzeeën herbergen dan ook rijke levensgemeenschappen. De rivierbeddingen die de zandzeeën met plateaus en gebergten verbinden zijn voor biologen bijzonder interessant. Het zijn corridors waarlangs leven uitgewisseld wordt tussen duin en berggebieden. Bergen bieden koelte en bescherming overdag. Zandvlakten bieden graasruimte

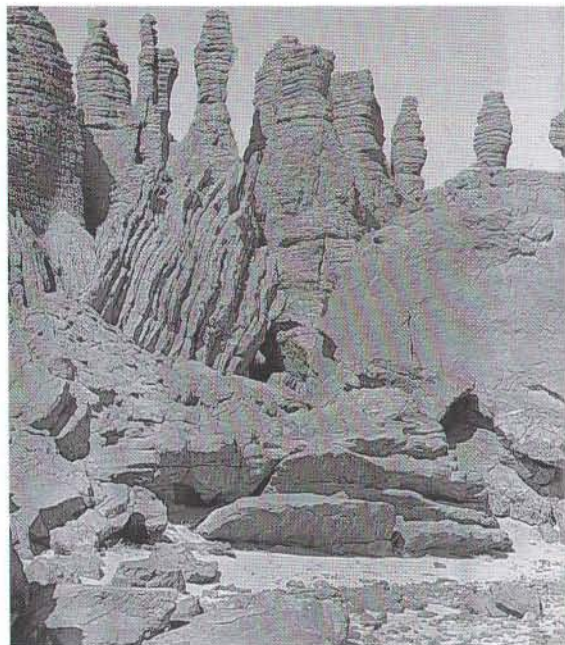


Nationale parken, groter dan Nederland en België

Terreinwagens zijn in en de woestijn trekt elk jaar meer toeristen. Tamanrasset in het Hoggargebied wordt door zo'n 80000 Europeanen per jaar bezocht. Om het hele gebeuren in de hand te houden, zijn er nu in Zuid-Algerije twee nationale parken opgericht: de Hoggar (450000 km²) en de Tassili n'Ajjer (113000 km²). In 1988 werd aansluitend in Niger het Aïr-Ténéré nationaal reservaat (77000 km²) opgericht, zodat de drie grote bergmassieven van de centrale Sahara nu beschermd gebied zijn. Deze poging om de typische woestijnfauna te redden kwam voor de oryx net te laat, maar voor de addax en de damagazelle zijn de vooruitzichten beter.

Het heeft namelijk de laatste drie jaar goed geregend. Na de Saheldroogte van de vroege jaren tachtig was de vegetatie van de zuidelijke Sahara zwaar toegenomen. Al is gras van betere kwaliteit als voedsel voor herbivoren, om het droge seizoen door te komen hebben de meeste soorten toch ook bomen nodig. Door de voortdurende droogte waren die bij tienduizenden afgestorven en van verjonging was geen sprake. Na de regens van de laatste jaren hebben de overblijvende acacia's weer goed zaad gegeven en het aantal boompjes van twee à drie jaar oud is verheugend groot.

Droogteperiodes zijn ook uit vorige eeuwen bekend. Woestijndieren reageren op dergelijke ups en downs via een aangepaste voortplantingsdynamiek. Tijdens droogte valt de voortplanting nagenoeg stil. Maar de kleine restpopulaties die een droogte overleven gaan zich in gunstige omstandigheden weer snel voortplanten. Dit valt op in de centrale bergmassieven van de Hoggar: in plaats van de twee à drie gazellen van vijf jaar terug, zien we nu weer troepen van tien en meer individuen. De draagtijd van gazellen bedraagt zes maanden en als er voedsel genoeg is, worden de wijfjes kort na de geboorte van de jongen opnieuw bevrucht. De jongen kunnen zelf al na zes



11-1

maanden drachtig zijn, zodat ze na één jaar voor het eerst werpen. Bovendien heeft de duingazelle regelmatig tweelingen.

Ook grotere soorten hebben een verbluffende vruchtbaarheid. Zo is het manenschaap (de moeflon) al na een jaar vruchtbaar, en tweelingen zijn er regel. In de dierentuin van Algiers werden onlangs enkele drielingen geboren. Sinds de recente regenrijke jaren, is er in de Hoggar en Tassili geen enkele vallei meer, waar men de soort niet vindt.

's nachts. Tijdens de koelere winter migreren vele grazende zoogdieren zelfs uit de bergen, of uit buiten de woestijn gelegen savannes, naar de open woestijn.

Andere migraties doen zich voor wanneer na regen zandvlakten zich bedekken met een grastapijt. Dit verschijnsel wordt zowel door oryx en gazelle, als door nomaden geëxploiteerd. Plaatselijk regent het in de woestijn heel weinig, maar ieder jaar valt er wel ergens wat regen. Woestijnantilopen ruiken regen op hon-

derden kilometers afstand en vinden feilloos de plek waar het geregend heeft en waar voedsel voorhanden is. Hetzelfde geldt voor grote vogels zoals de struisvogel.

Soortenrijkdom

Ten onrechte zijn we de Sahara als een biologisch lege ruimte gaan beschouwen. Momenteel klopt dat wel vanwege de snelheid waarmee de megafauna van de Sahara tengevolge

INTERMEZZO II



II-1. Het stenige 'reg'-type woestijn komt veel meer voor dan de vertrouwde zandwoestijn. Hier zien we de rotsparijen van de Algerijnse Sahara in het nationale park Tassili n'Ajjer, nabij de plaats Sefar.

Wensen we dat de grote antilopen en gazellen overleven, dan moeten we hen met rust laten. Daarom leggen de autoriteiten van de nationale parken vaste circuits op aan toeristen. Het is namelijk een fabel dat de woestijn groot genoeg is voor iedereen: meestal leven de dieren in dezelfde valleien waar ook de safarigangers met auto's (kunnen) passeren. Zelfdiscipline en respect voor de natuur zijn en blijven fundamentele vereisten om de woestijnfauna een toekomst te bieden.

van de 'exploraties' in de 18de en 19de eeuw verarmd is. De militaire en koloniale penetratie bracht jacht met vuurwapens met zich mee en voor de eerste wetenschappelijke studies konden beginnen, waren reeds veel grote grazers en roofdieren zo goed als uitgeroeid. Een beroemd voorbeeld is dat van de nijlkrokodil: de laatste populatie verdween tijdens de vorige eeuw; de laatste krokodil in de Tassili werd in 1923 neergeschoten.

Een recent gedetailleerd onderzoek naar de

zoogdierfauna van Algerije leidde echter tot verrassende resultaten. Ook hier is – of eerder was – het aantal soorten zeer groot: oryx, addax, hartebeest, wilde ezel, dama-, dorcas- en duingazelle, manenschaap, rotsklipdas, haas en stekelvarken bij de herbivoren en leeuw, jachtluipaard, junglekat, zandkat, wilde kat, caracal, hyenahond, gestreepte en gevlekte hyena, jakhals, vos, ruppels vos, fennec, honingdas, Lybische gestreepte wezel en woestijnegel bij de vleeseters.

Kortom, de woestijnfauna bestaat uit dezelfde soorten als die van de savanne, alleen zijn de populatiedichtheden kleiner als gevolg van de schaarse fourageermogelijkheden. Dat de lijst van roofdieren en aaseters zo lang is, bewijst dat er voor hen veel te eten is. 'Veel' is in de woestijn een relatief begrip, maar zelfs in absolute cijfers mag men de aantallen niet onderschatten. Zo kwam het Spaanse vreemdelingenlegioen van zijn jachtpartijen in de Spaanse Sahara altijd met tientallen oryxen en addaxen naar huis. Er zijn daar bedroevend mooie fotoreportages over. Aan het eind van de vorige eeuw was gedroogd oryxvlees nog één van de belangrijkste handelwaren van de Chaamba-nomaden, op de grens tussen Lybië, Algerije en Tunesië. Maar deze rijkdom van vroeger is nu voor goed vernietigd: in de woestijn zijn oryx, addax, hartebeest, wilde hond en hyena door de mens vrijwel uitgeroeid.

Bronvermelding illustraties

Jacana, Parijs: 742-743, I-1, 5, 7, 8 en 13
NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt, Maryland, USA: 6
Bruce Coleman Ltd, Uxbridge, UK: 11, 12 en II-1.
De overige afbeeldingen zijn afkomstig van de auteurs.

Literatuur

Brown GW, red. Desert Biology. New York: Academic Press, 1968.
Cloudsley-Thompson JL, red. Sahara desert. Oxford: Pergamon Press, 1984.
Smet K de. Proefschrift, 1989.
Dumont HJ & Stevens P. Soedan – een wetenschappelijk en archeologisch avontuur. Den Haag/Antwerpen: Simon en De Vries-Brouwers, 1987.
Monod T. Les Déserts. Parijs: Horizons de France. 1973.

Een bolvormige sterrenhoop, kortweg bolhoop, is een kogelvormige verzameling van tussen de honderdduizend en een miljoen oude sterren. In de dichte kern van de bolhoop passeren sterren elkaar op zeer korte afstand, waarbij nu en dan dubbelsterren worden gevormd. Met name dubbelsterren die een neutronenster bevatten zijn interessant, omdat deze röntgen- en radiostraling kunnen uitzenden. Recentelijk hebben astronomen zich gerealiseerd dat de vorming van dubbelsterren een belangrijke rol speelt in het bestaan van een bolhoop: dubbelsterren verhinderen een catastrofale ineenstorting.

Frank Verbunt

*Sterrenkundig Instituut
Rijksuniversiteit Utrecht*

Georges Meylan

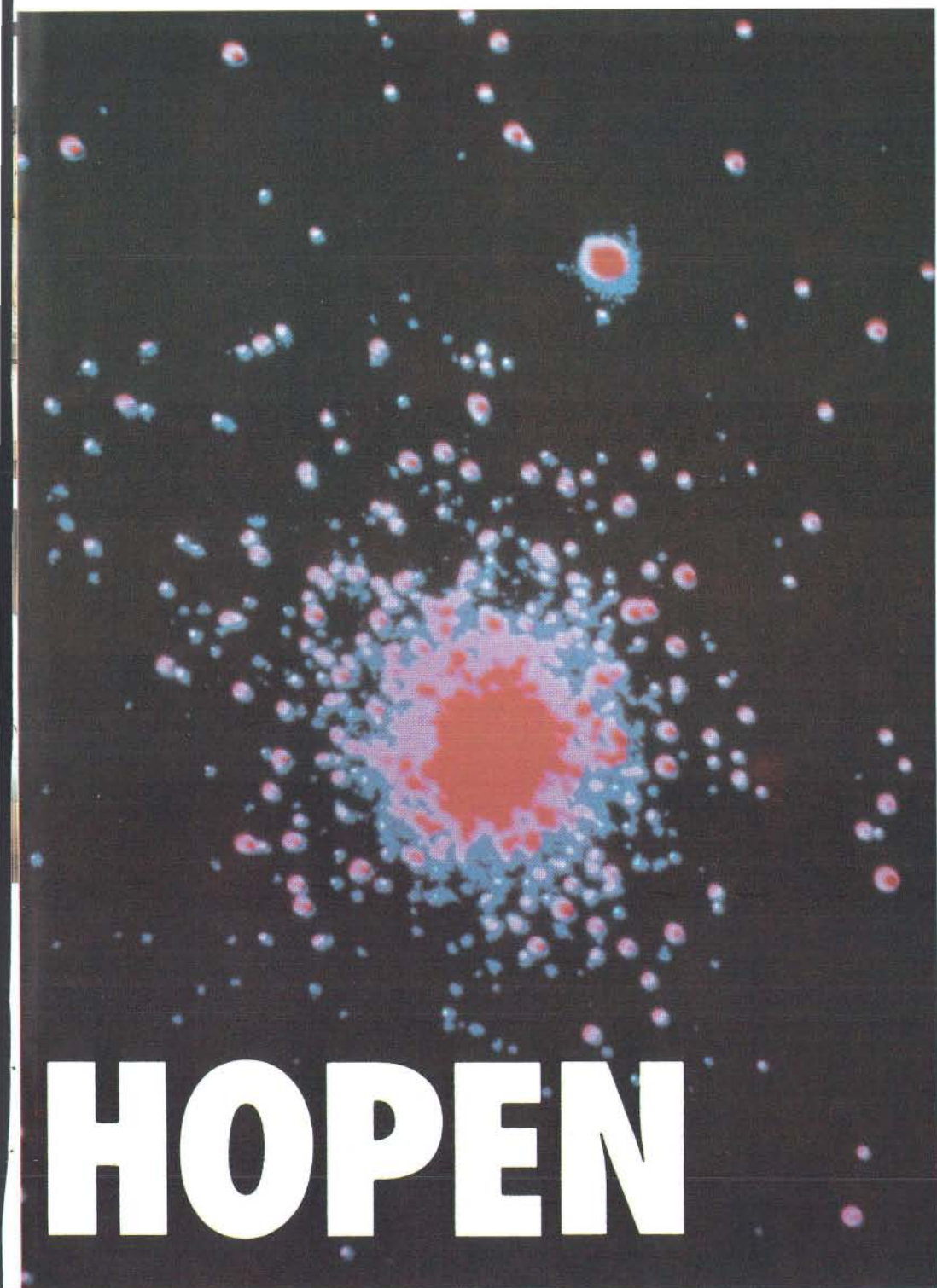
*Space Telescope Science Institute
Baltimore*



False-colour foto van de bolhoop M15 in het sterrenbeeld Pegasus. In deze bolhoop zijn een heldere röntgendubbelster en maar liefst drie radiopulsars ontdekt. Veel waarnemingen doet men niet meer direct met het oog. De opgevangen radio- en röntgenstraling wordt met behulp van supercomputers bewerkt.

EURO
ARTIKEL

BOL



HOPEN

Onze zon beweegt te midden van ongeveer honderd miljard sterren in een langzaam om haar eigen as roterende schijf: ons melkwegstelsel. Boven en onder de schijf bevinden zich ongeveer tweehonderd bolhopen. Dit zijn bolvormige opeenhopingen van tussen de honderdduizend en een miljoen sterren. Het totale aantal sterren in alle bolhopen samen bedraagt enkele tientallen miljoenen. Een paar bolhopen kunnen we met het blote oog waarnemen, maar de werkelijke schoonheid van een bolhoop blijkt eerst met gebruik van een grote telescoop. In dit artikel wordt de belangrijke rol besproken, die dubbelsterren in een bolhoop hebben.

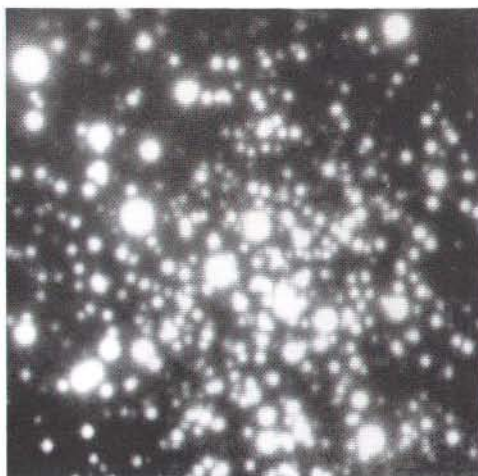
Oude sterren naar massa gescheiden

Astronomen hebben ontdekt dat er een opmerkelijk verschil in ouderdom bestaat tussen sterren in de melkwegschijf en in bolhopen. In de schijf vinden ze sterren met allerlei leeftijden, variërend van meer dan 10 miljard jaar oud tot piepjong. In bolhopen daarentegen zijn alle sterren zeer oud: ze tellen zo'n 12 à 15 miljard jaar.

De oorspronkelijke bolhoop bevatte sterren van allerlei massa, die in hun kernen waterstof tot helium fuseerden. Zulke sterren worden *hoofdrekssterren* genoemd. Van die oorspronkelijke sterren zijn alleen de lichtste nog overgebleven: sterren met een massa minder dan ongeveer 8/10 van de zonsmassa zijn nog steeds hoofdrekssterren. Alle oorspronkelijk zwaardere sterren in de bolhoop hebben hun levensloop, gedurende welke ze waterstof in helium, en dit vervolgens in zwaardere elementen als koolstof, zuurstof of neon fuseren, al voltooid.

De zwaarste sterren eindigen met een enorme klap, als supernova, en laten een *neutronenster* achter. Een neutronenster is net zo zwaar als de zon, maar heeft een doorsnede van slechts 20 km; in zo'n ster is de materie zo sterk samengeperst dat de elektronen in de atoomkernen zijn gedrukt, met als gevolg dat de ster vrijwel geheel uit neutronen bestaat. Ietwat minder zware sterren eindigen hun leven wat kalmer. Ze verlaten de hoofdreks door sterk te expanderen, waarbij hun oppervlak afkoelt: zo'n grote, koele ster noemen astronomen een *rode reus*. Na enige tijd werpt de rode reus zijn buitenlagen af, waarbij alleen

1. Opname van de kern van bolhoop Palomar 12. Pal 12 is ongeveer 30% jonger dan de andere, tot ons melkwegstelsel behorende bolhopen.



1

de kern achterblijft, als *witte dwerg*. Zo'n witte dwerg is iets minder zwaar dan de zon en heeft een doorsnede van om en nabij 15000 km, hetgeen vergelijkbaar is met de diameter van de aarde. Witte dwergen en neutronensterren zijn dus zeer compacte sterren.

In een bolhoop vinden sterrenkundigen zodoende alleen lichte hoofdrekssterren, compacte sterren en een aantal sterren die bezig is de hoofdreks te verlaten: de rode reuzen. Hoewel er relatief weinig rode reuzen in een bolhoop zitten, domineren ze door hun grote helderheid toch de foto's die van een bolhoop zijn gemaakt. Bolhopen hebben op foto's een rossige kleur. Zo'n foto laat voorts zien dat de dichtheid van sterren in het centrum het hoogst is en naar de buitengebieden toe snel afneemt. Dit heeft te maken met een ander kenmerk van bolhopen. De sterren daarin hebben namelijk allemaal een vergelijkbare kinetische energie, wat betekent dat zwaardere sterren kleinere snelheden hebben dan lichtere. De relatief zware sterren, zoals neutronensterren, massieve witte dwergen, rode reuzen en de zwaarste hoofdrekssterren, hebben zich daardoor sterk in het centrum van de bolhoop geconcentreerd. Alleen de lichtere sterren bezitten voldoende snelheid om uit de kern van de

bolhoop te ontsnappen en de buitengebieden te bereiken. Bijgevolg treedt in een bolhoop *segregatie*, ofwel scheiding, van sterren met verschillende massa op.

Zoals we hieronder zullen zien, laat een bolhoop zich voorts kenmerken door de aanwezigheid van bijzondere dubbelsterren. Deze zouden wel eens in grote mate kunnen bijdragen aan het lijfsbehoud van bolhopen.

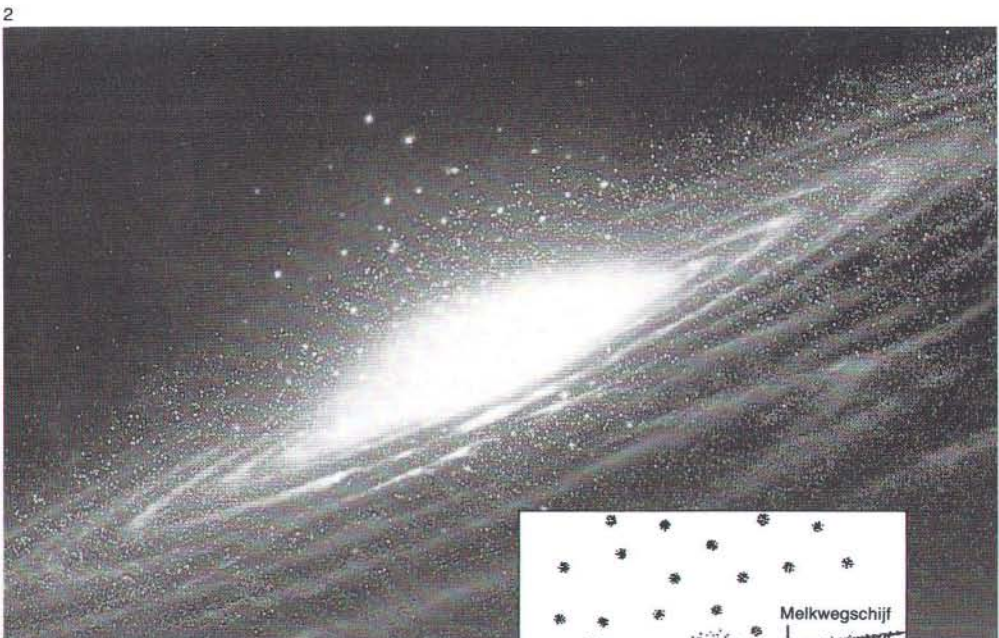
Dubbelsterren in bolhopen

Twee sterren die zoveel zwaartekracht op elkaar uitoefenen dat ze bijeen blijven, vormen een dubbelster. Meer dan de helft van alle sterren in ons Melkwegstelsel is lid van een dubbelster. Dubbelsterren kan men herkennen aan hun variabele lichtsterkte, of aan variaties in de golflengten van hun spectraallijnen.

Enerzijds verandert de lichtsterkte omdat de sterren om elkaar draaien zodat telkens, gezien vanaf de aarde, de ene ster de andere bedekt.

Ondanks intensieve zoekacties sinds het begin van de eeuw zijn pas in 1988 en 1989 vier van zulke *bedekkingsvariabelen* in verschillende bolhopen ontdekt. Anderzijds bewegen de sterren in een dubbelster zich nu eens van de aarde af en dan weer naar de aarde toe. Ten opzichte van de aarde verandert hierdoor de snelheid van de ster. Deze snelheidsverandering kan gemeten worden aan de golflengten van de lijnen in het waargenomen sterspectrum: die worden langer als de ster zich van ons verwijdt en korter wanneer die ons nadert. Vanaf het begin van de jaren zeventig worden snelheden van enkele honderden reuzen in bolhopen gemeten. De meeste reuzen houden in de loop der jaren een constante snelheid, zoals men dat van enkelvoudige sterren verwacht. Slechts van een klein aantal is de snelheid variabel: dat moeten reuzen uit een dubbelster zijn.

Gewone dubbelsterren zijn dus slechts in kleine aantallen in bolhopen aanwezig, ook in de kernen daarvan. Merkwaardigerwijs komen



2. Schematische afbeelding van ons melkwegstelsel met zijn bolhopen. Het overgrote deel van alle sterren bevindt zich in een schijf. Boven en onder de

ze schijf bevinden zich zo'n 200 bolvormige sterrenhopen. Deze bolhopen bewegen in ellipsvormige banen om de kern van het melkwegstelsel.

twee bijzondere typen dubbelsterren juist veel voor in bolhopen. Dit zijn de *kataklysmische variabelen* en de *lage-massa röntgendubbelsterren*. Deze dubbelsterren bevatten een compacte ster. In kataklysmische variabelen is dat een witte dwerg en in lage-massa röntgendubbelsterren een neutronenster. De compacte ster onttrekt materie aan haar begeleider, waarbij de materie vanaf het oppervlak van de begeleider langs een spiraalvormige schijf naar het oppervlak van de compacte ster toestroomt. Tijdens deze overdracht wordt de materie steeds heter. In kataklysmische variabelen bereikt het gas een temperatuur van een paar honderdduizend graden; daarbij wordt voornamelijk ultraviolette straling uitgezonden. In

een lage-massa röntgendubbelster stijgt de temperatuur zelfs tot een tiental miljoenen graden en zendt het gas röntgenstraling uit.

Sterrenkundigen hebben in bolhopen tot nu toe vier keer een kataklysmische variabele ontdekt, namelijk in 1938, 1941, 1949 en 1964. Dit lijkt niet veel, maar daar staat tegenover dat zulke systemen zich niet gemakkelijk laten opsporen. Astronomen gaan er dan ook van uit dat een flink aantal kataklysmische variabelen in bolhopen aanwezig is. Van de honderd lage-massa röntgendubbelsterren zijn er tien in bolhopen gevonden. Omdat het totaal aantal gewone sterren in alle bolhopen samen vijfduizend keer kleiner is dan het aantal sterren in de melkweg, zouden we naïef verwach-

3



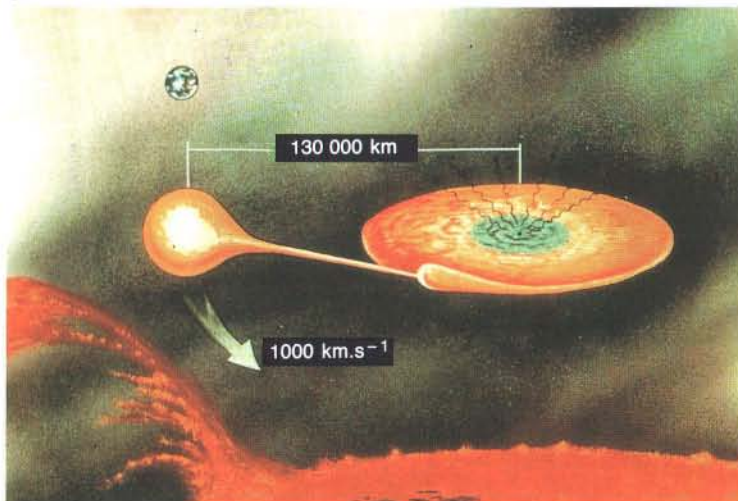
5

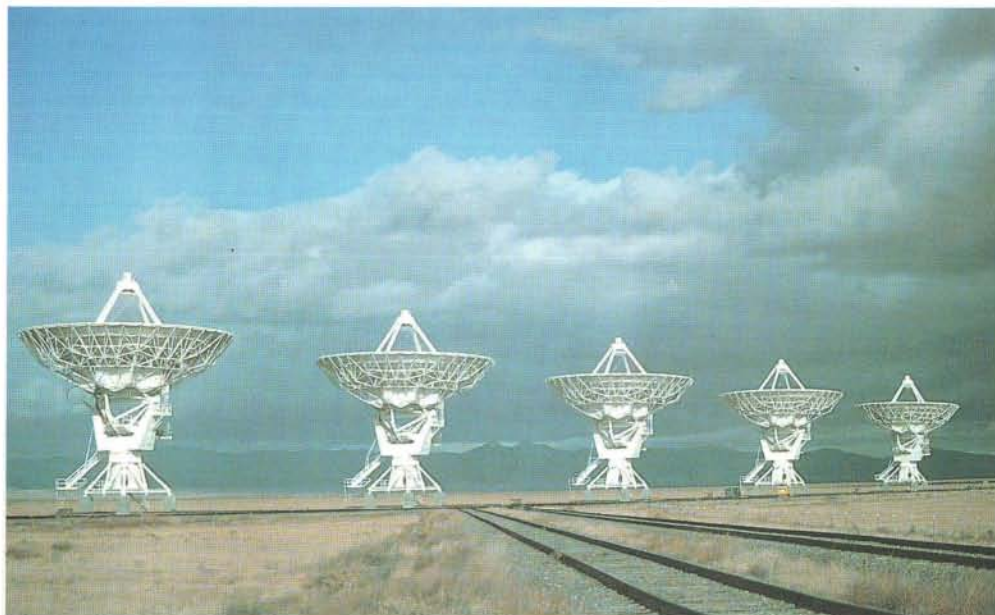


4

3. Cor Caroli is een dubbelster die waarneembaar is, omdat de ene ster de andere bedekt en de op aarde gemeten lichtintensiteit verandert. In bolhopen heeft men nu vier van zulke 'bedekkingsvariabelen' ontdekt.

4. In de röntgendubbelster uit bolhoop NGC 6624 draagt een zeer geslonken witte dwerg materie over aan een neutronenster. Binnen elf minuten voltooit deze dwerg zijn ronde om de neutronenster.





6

5, 6. De eerste in een bolhoop ontdekte radiopulsar is de bron in M 28. Met de radiotelescoop te Jodrell Bank (5) nam A. Lyne deze waar, terwijl J. Middleditch

de data analyseerde in Los Alamos. Dat de pulsar in de kern van M 28 zit, was toen niet bekend. De Very Large Array Telescope uit New Mexico (6)

heeft men gebruikt voor deze nauwkeurige positiebepaling.

ten dat er van de honderd lage-massa röntgendubbelsterren geen enkele in een bolhoop zou worden ontdekt. Dit betekent dat er in bolhopen een zeer efficiënt proces moet zijn, dat tot de vorming van röntgendubbelsterren leidt. Dit proces werd in 1975 beschreven.

Getijdenvangst van sterren

Ten gevolge van de dichtheid van sterren in de kern van de bolhoop gebeurt het met een zekere regelmaat, dat twee sterren elkaar op zeer korte afstand naderen en elkaar vasthouden. In het melkwegvlak is de afstand tussen de sterren zo groot, dat zulke dichte naderingen daar vrijwel niet voorkomen. Maar neem bijvoorbeeld een neutronenster die in de kern van een bolhoop een hoofdreeksster of een rode reus ontmoet. Naarmate de neutronenster dichterbij zo'n ster komt, raakt deze laatste door de zwaartekracht van de neutronenster meer en meer vervormd. Zo'n zogenaamde ge-

tijdenvervorming gaat ten koste van de bewegingsenergie van beide hemellichamen. Bij een nadering tot minder dan ongeveer drie maal de straal van de vervormde ster, nemen de snelheden van de sterren zozeer af, dat deze niet meer aan elkaars zwaartekracht kunnen ontsnappen: ze vormen voortaan een dubbelster (zie Intermezzo). Zodra materie van de gevangen ster naar de neutronenster begint over te stromen, licht het systeem op als een heldere röntgenbron.

Hoeveel röntgendubbelsterren van lage massa op grond van dit proces in een bolhoop verwacht worden, kan niet nauwkeurig worden uitgerekend. In de eerste plaats weten astronomen niet hoeveel neutronensterren er in bolhopen gevormd worden, en ook niet welk deel daarvan in de bolhopen blijft. Het blijkt dat veel neutronensterren bij hun geboorte een snelheid meekrijgen die groot genoeg is om de bolhoop te ontvluchten, zodat alleen langzame neutronensterren daarin achterblijven.

In de tweede plaats weten sterrenkundigen niet precies hoe lang de materie-overdracht duurt, met andere woorden hoe lang de dubbelster als röntgenbron waargenomen kan worden. Rekening houdend met deze onzekerheden, concluderen ze dat het voorgestelde proces in staat is om het tiental waargenomen heldere lage-massa röntgenbronnen in bolhopen te verklaren.

Wel verwachten astronomen in bolhopen lage-massa röntgendubbelsterren aan te treffen met diverse baanperiodes. Een baanperiode is het tijdsbestek waarin de ene ster één hele baan om de andere aflegt en die kan, wat betreft de lage-massa röntgendubbelsterren die in bolhopen zitten, variëren van enkele minuten tot een paar honderd dagen. Een moeilijkheid is echter, dat de baanperiode van een lage-massa röntgendubbelster zich niet eenvoudig laat bepalen. Pas in 1987 werd van twee lage-massa röntgendubbelsterren in bolhopen, namelijk in NGC 6624 (afb. 4) en M 15, de baanperiode berekend. De Franse sterrenkundige Michel Aurière liet zich door de enorme dichtheid van sterren in de kern van laatstgenoemde bolhoop niet afschrikken, en slaagde erin de dubbelster in zichtbaar licht te ontdekken. Deze optische ster varieert met een periode van 8,5 uur; een periode die vervolgens ook in de röntgenstraling werd teruggevonden.

Radiopulsars in bolhopen

In een wijde röntgendubbelster, met een reus als materie-donor, is na verloop van tijd het hele omhulsel van de reus overgedragen. De kern van de reus krimpt dan tot een witte dwerg, die in een wijde baan om de neutronenster loopt. Indien de neutronenster voldoende materie uit het omhulsel van de reus heeft opgenomen, roteert zij voldoende snel om als radiopulsar 'aan te schakelen'.

Met dit in gedachten, richtten sterrenkundigen radiotelescopie op een aantal bolhopen, en ze hadden succes. Men heeft nu acht radiopulsars in bolhopen waargenomen (tabel 1). Drie van de gevonden radiopulsars hebben geen begeleider. Eén van deze, die zich in bolhoop M 28 bevindt, was vroeger vermoedelijk lid van een lage-massa röntgendubbelster. Toen in de dubbelster de materie-overdracht ophield en de neutronenster een radiopulsar met een zeer korte pulsperiode was geworden,

De paarvorming van sterren

Aan de hand van afbeelding I-1 beschouwen we de verschillende mogelijke vormingsprocessen van dubbelsterren met een neutronenster. Bij een frontale botsing tussen een neutronenster en een hoofdreeksster wordt de laatste vermoedelijk geheel uiteengereten. De neutronenster blijft, nauwelijks veranderd, alleen achter.

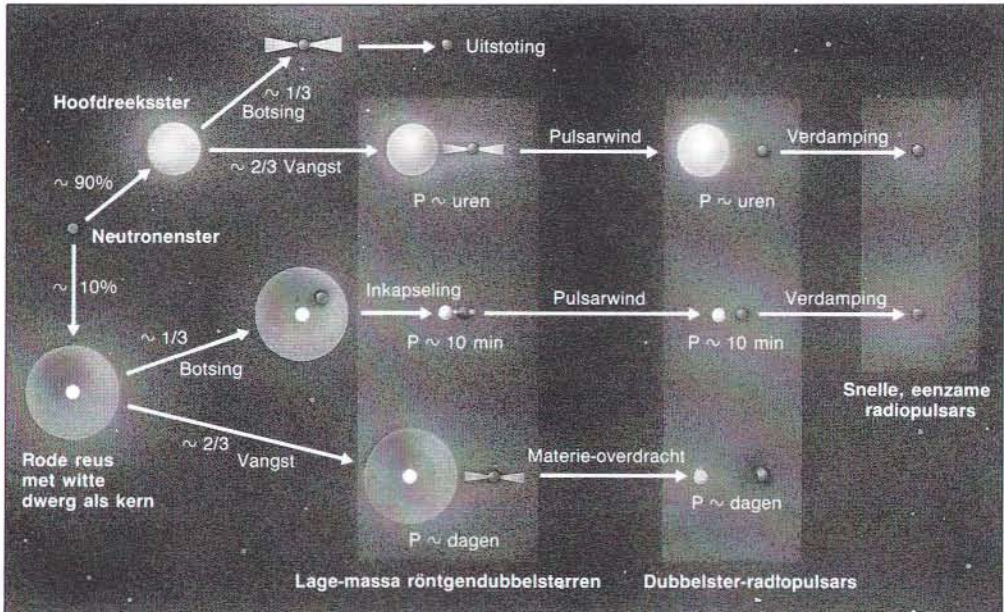
Wanneer een neutronenster en een hoofdreeksster elkaar zonder botsingsgevaar dicht genoeg naderen, zullen ze een dubbelster vormen waarbij ze gaandeweg dichter om elkaar gaan draaien. Bij dit proces verliest de hoofdreeksster materie aan de neutronenster, zodat de dubbelster een heldere röntgenbron wordt. De baanperiode, de tijd die de sterren nodig hebben om één keer om elkaar heen te draaien, ligt tussen de twee en acht uren.

Mocht een neutronenster rechtstreeks op een rode reus botsen waarvan de kern zich aan het ontwikkelen is tot witte dwerg, dan gaan de witte dwerg en de neutronenster binnen het omhulsel van de reus om elkaar heen cirkelen. Wrijving tussen de ingekapselde, snel bewegende sterren en het omhulsel leidt ertoe dat de sterren langzaam naar elkaar toe draaien en het omhulsel door de ontstane warmte uiteindelijk geheel verdampt. De witte dwerg gaat materie overdragen aan de neutronenster en het systeem wordt een röntgenbron. De baanperiode van zo'n systeem is slechts een paar minuten! Een voorbeeld van een röntgendubbelster die waarschijnlijk zo ontstond, is de röntgenbron in NGC 6624 (afb. 4). Wanneer de materie-overdracht ophoudt, zal de neutronenster alleen nog maar radiopulsen uitzenden, zoals één van de twee radiopulsars in 47 Tuc. Opmerkelijk is echter dat deze pulsar niet de verwachte cirkelvormige baan doorloopt, maar zich voortbeweegt langs een ellips die nogal afwijkt van een cirkel. Hoe zulke extreem nauwe dubbelsterren met een sterk excentrische baan gevormd worden, is vooralsnog een mysterie.

Een wijde dubbelster ontstaat wanneer een rode

bestookte zij haar begeleider met hoog-energetische deeltjes en gammastraling. Daardoor verdampte de begeleider helemaal, zodat de pulsar alleen achterbleef.

De twee andere radiopulsars, die in bolhoop M 15 zitten, worden echter niet in staat geacht hun begeleider te hebben verteerd. De eenzaamheid van deze pulsars kan op een andere manier worden verklaard. In de kern van M 15



I-1

I-1. In bolhoopen kan een neutronenster zowel op een hoofdreksster als op een reus botsen. Daarbij kunnen röntgendubbelsterren ontstaan met baanperiodes variërend van een paar minuten tot een half jaar.

reus in de invloedssfeer van een neutronenster komt zonder dat er een aanvaring optreedt. De reus dijt dan uit en draagt materie van zijn omhulsel over aan de neutronenster. De afstand tussen de neutronenster en de kern van de reus, een witte dwerg in wording, neemt daarbij toe, totdat de reus zijn omhulsel geheel heeft verloren en van materie-overdracht naar de neutronenster geen sprake meer is. Is deze situatie bereikt dan houdt de neutronenster op

röntgenstralen uit te zenden en wordt zij een radio-bron. De baanperiode van de uiteindelijke dubbelster ligt tussen drie en vijfhonderd dagen. De korte periode stelt zich in als een dubbelster gevormd wordt met een reus die net de hoofdreks verlaten heeft; de langere periode als een al sterk ontwikkelde reus zich met een neutronenster verbindt. Voorbeelden van zulke sterren zijn één van de radiopulsars in 47 Tuc en die in M 4.

zitten de sterren zo dicht op elkaar, dat een dubbelster gedurende zijn bestaan grote kans maakt om op een derde ster te stuiten. Daarbij kan tijdelijk een systeem van drie sterren ontstaan. Deze sterren bewegen in ingewikkelde banen om elkaar heen, totdat er één ontsnapt en de andere twee in een zeer excentrische baan achterlaat. Zo'n proces wordt *resonante verstrooiing* genoemd. Als op deze wijze een in-

komende ster de plaats van een radiopulsar in een wijde dubbelster overneemt, raakt de pulsar zijn begeleider kwijt.

Structuur en ontwikkeling van een bolhoop

Sterren ondergaan de invloed van elkaars zwaartekracht. Een ster in een bolhoop komt soms zo dicht bij een andere ster, dat de banen

van beide sterren door de wederzijdse aantrekkingskracht sterk veranderen. In het uiterste geval blijven ze, zoals we hebben gezien, bij elkaar. Daarnaast ondergaat de baan van een ster voortdurend kleine veranderingen door de gecombineerde zwaartekrachten van verder weg gelegen sterren. Gemiddeld over de tijd hebben deze kleine invloeden een veel groter effect dan de zeer zeldzame, heftige gebeurtenissen: zwaartekracht is een vódragende kracht.

Na verloop van tijd passen de snelheden van sterren in een bolhoop zich aan aan de zwaartekracht die de sterren op elkaar uitoefenen. Op den duur stelt zich een evenwicht in. De bolhoop krijgt dan zijn karakteristieke gestalte die we in de inleiding hebben omschreven: de

sterren in de kern bewegen veel dicht bij elkaar dan in de randgebieden en zijn gemiddeld zwaarder. De tijd die nodig is om dit evenwicht te bereiken wordt *relaxatietijd* genoemd en hangt samen met de tijd waarin de baan van een ster merkbaar verandert onder invloed van de zwaartekracht van andere sterren.

In de jaren zestig stelden de Amerikaan I. King en de Engelsman R. Michie theoretische modellen op voor bolhopen waarin het evenwicht is bereikt. Uit deze modellen valt af te leiden wat het helderheidsprofiel van een bolhoop is – waarbij de kern als het helderst oplicht vanwege de dichte samenpakking van sterren – en welke snelheden de sterren op verschillende plaatsen in de bolhoop hebben.

7



7. In 1987 verschaftte de Europese röntgensatelliet EXOSAT de informatie waarmee de baanperiode van de lage-massa röntgendubbelster NGC 6624 kon worden berekend.

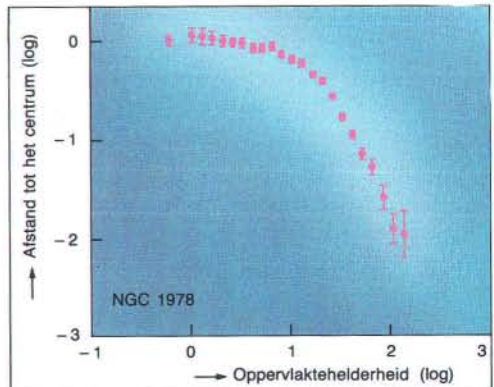
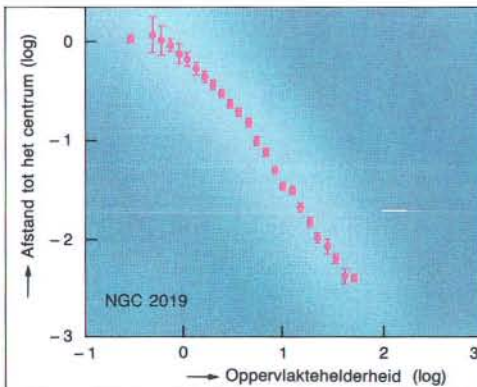
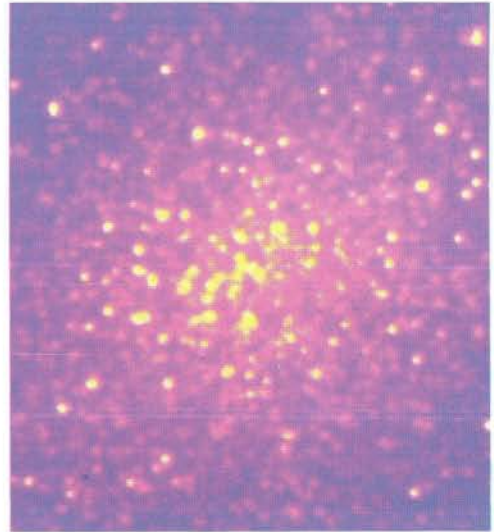
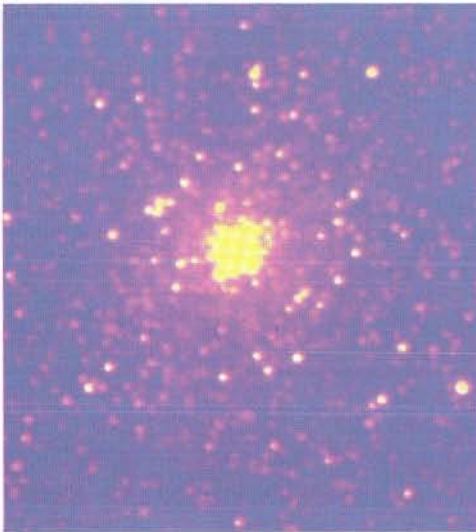
8. Twee bolhopen in de Grote Magelhaense Wolk, een onregelmatig gevormd sterrenstelsel dat zich dicht bij de Melkweg bevindt. Rechts een normale bolhoop, genaamd NGC 1978, die goed met een King-Michie model kan worden beschreven. Links de bolhoop NGC 2019, die een kern-ineenstorting heeft doorgeemaakt, hetgeen te zien is aan de extreme concentratie van sterren in het centrum. De foto's zijn gemaakt door drie, bij verschillende golflengten opgenomen zwart-wit foto's te combineren. Onder de bolhopen staan hun helderheidsprofielen afgebeeld.

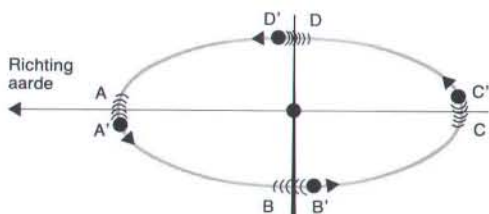
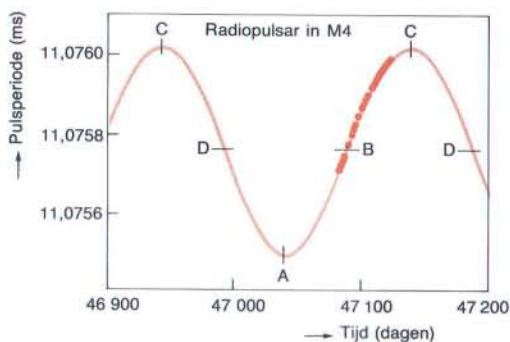
TABEL 1. Röntgendubbelsterren (met bekende baanperiode) en radiopulsars in bolhopen.

Bolhoop	Type	Pulsperiode	Baanperiode	Excentriciteit
NGC 6624	Röntgen	—	685 s	?
M 15	Röntgen	—	0,35 d	?
47 Tuc	Radio	4,5 ms	1924 s	0,33
47 Tuc	Radio	6,1 ms	7-95 d	?
M 4	Radio	11,1 ms	191,4 d	0,025
M 13	Radio	10 ms	?	?
M 15	Radio	30 ms	0,3 d	?
M 15	Radio	56 ms	—	—
M 15	Radio	110,7 ms	—	—
M 28	Radio	3,1 ms	—	—

In de bolhopen NGC 1851, NGC 6440, NGC 6441, NGC 6721, Liller 1, Terzan 1, Terzan 2 en Terzan 3 hebben astronomen heldere röntgenbronnen ontdekt waarvan de baanperiode nog niet bekend is. De namen verwijzen naar verschillende catalogi van hemellichamen. Tuc is echter een afkorting van het sterrenbeeld Toekan.

8





9

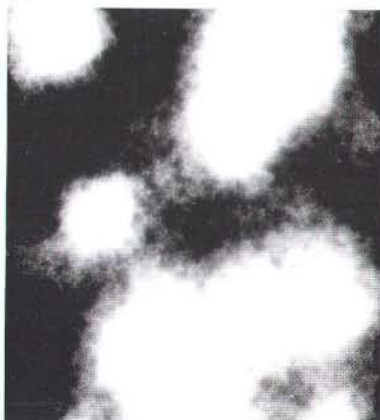
9. Wanneer een pulsperiode bekend is kan aan de hand van veranderingen hierin bepaald worden of de pulsar in een dubbelster zit en, zo ja, hoe groot de bijbehorende baanperiode is. Bekijken we een pulsar die in een baan A-B-C-D om zijn begeleider loopt, terwijl de aarde in het verlengde van C-A ligt, dan zien we dat de pulsperiode zal veranderen. Als de pulsar zich in D bevindt bij het begin van de puls en in D' bij het einde van die puls, is de afstand die de straling tus-

sen D' en de aarde aflegt korter dan de afstand tussen D en de aarde. Dit betekent dat het einde van een puls de aarde eerder bereikt dan het geval zou zijn geweest als de pulsar niet beweegt: de op aarde gemeten pulsperiode wordt korter. Analoog meet men de pulsperiode in B als langer. Staat de pulsar in A en C dan neemt men op aarde de pulsperiode onveranderd waar. Uit een reeks van metingen aan pulsperiodes kan men de baanperiode en -vorm berekenen.



10

11



12

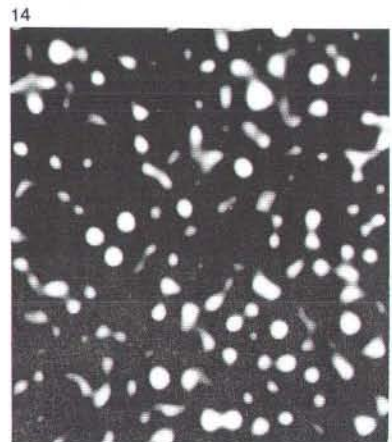
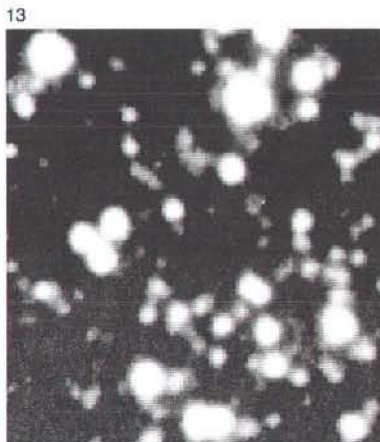




10, 11, 12, 13, 14. In de heldere kern van de bolhoop Omega Centauri (10) heeft de ESO met behulp van de New Technology Telescope (NTT) afzonderlijke en lichtzwakke sterren zichtbaar kunnen maken. Deze prestatie kwam tot stand doordat dankzij de NTT de resolutie van de opnamen enorm verbeterd is. Met de Schmidt telescoop op La Silla (Chili) kon men in 1984 hemellichamen die meer dan 2 boogseconden van elkaar liggen, als afzonderlijke objecten waarnemen (11). In 1977 had men met de 3,6 m telescoop nog een resolutie van 1 boogseconde verkregen (12). Maar een ruwe NTT opname heeft al een resolutie van 0,33 boogseconden die na verwerking zelfs 0,18 boogseconden wordt (14). De afgebeelde foto's omvatten een gebied van 12 bij 12 boogseconden, dat in de bolhoop met een pijl staat aangegeven.

Voor vele bolhopen blijken deze modellen overeen te komen met de waarnemingen. Enkele bolhopen die een zeer compacte kern hebben, zijn echter niet goed met deze King-Michie modellen te beschrijven. Bovendien is het evenwicht waar deze modellen van uitgaan, theoretisch gezien niet stabiel: al in 1962 waarschuwde de Franse astronoom M. Hénou ervoor dat onder invloed van de eigen zwaartekracht een bolhoop meer en meer van het evenwicht kan gaan afwijken. De verklaring hiervoor ligt in een eigenaardigheid van de beweging van materie onder invloed van zwaartekracht: neemt de totale energie, de som van potentiële en kinetische energie, af, dan neemt de snelheid toe. Het bekendste voorbeeld is een satelliet om de aarde. Wanneer zo'n satelliet energie verliest, bijvoorbeeld door wrijving met de aardatmosfeer, valt hij dichter naar de aarde toe. Daarbij wordt echter, volgens de derde wet van Kepler, de snelheid van de satelliet groter.

Om te begrijpen welke gevolgen deze eigenaardige eigenschap van de zwaartekracht heeft voor de ontwikkeling van een bolhoop, maken we in gedachten een onderscheid tussen de kern en de buitengebieden. De snelheden van de sterren in de kern schommelen om een gemiddelde: sommige sterren bewegen wat sneller, andere wat langzamer. Wanneer snellere sterren uit de kern naar de buitengebieden ontsnappen, neemt de totale energie van de kern af. Door deze energie-afname krimpt de kern, dat wil zeggen de sterren pakken zich meer samen. Maar evenals de satelliet gaan de naar el-

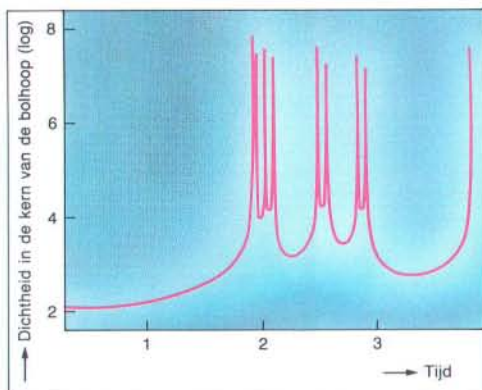


kaar toe 'vallende' sterren sneller bewegen. Vervolgens herhaalt het proces zich, doordat er opnieuw snelle sterren ontsnappen.

Weliswaar duurt het een enorme tijd voordat het evenwicht in de structuur van een bolhoop verstoord raakt, maar volgens deze redenering zal het voor elke bolhoop onvermijdelijk zijn dat de kern uiteindelijk catastrofaal ineenstort. Het feit dat we toch nog gewone bolhopen waarnemen, wijst erop dat dit proces geen doorgang vindt.

Uitdijing dankzij dubbelsterren

Wanneer de kern van een bolhoop ineenstort, neemt de gemiddelde afstand tussen de sterren in de kern sterk af. Een eerste gevolg hiervan is dat in de kern een aantal dubbelsterren gevormd wordt door ontmoetingen tussen sterren. Een belangrijk bijkomend gevolg is dat



15

15. Volgens sommige berekeningen kan een kern herhaaldelijk ineenstorten en uitdijen. In deze afbeelding is de dichtheid in de kern van de bolhoop als functie van de tijd uitgezet. De kern ondergaat opeenvolgende ineenstortingen, die door de vorming van dubbelsterren in uitdijingen worden omgezet.

16. Het waarnemen van milliseconden-pulsars met de radiotelescoop te Green Bank ligt sinds 15 november 1988 stil.

17. De Hubble ruimtetelescoop wordt begin 1990 gelanceerd en zal, niet gestoord door de aardatmosfeer, sterren in bolhopen bekijken.



16

dubbelsterren andere, losse sterren tegenkomen. Bij zo'n ontmoeting zorgt de zwaartekracht tussen de sterren er voor dat de enkele ster een snelheid krijgt die, wat grootte betreft, dichter bij de snelheid van de sterren in de dubbelster komt te liggen, dat wil zeggen toeneemt. De hiertoe benodigde energie wordt verkregen doordat de dubbelster zich vernauwt. Dubbelsterren vormen dan ook een efficiënte bron van energie in de kern van een bolhoop.

Zodra een voldoende aantal dubbelsterren is gevormd, neemt de gemiddelde snelheid van de sterren in de kern van een bolhoop toe door botsingen. De ineenstorting van de kern zet zich om in een uitdijing, waardoor de bolhoop aan een totale catastrofe ontsnapt. Hoe de ineenstorting van de kern en de daarop volgende uitdijing precies verlopen, is niet bekend. Sommige berekeningen wijzen erop dat de kern van een bolhoop herhaaldelijk ineen kan storten en weer kan uitdijen.

Hoop op Hubble

Met radiotelescopen blijven astronomen naartig naar meer radiopulsars in bolhopen zoeken. Dit moet nadere informatie verschaffen over de wijze waarop dubbelsterren in bolhopen worden gevormd. De begin 1990 te lance-



17

ren Hubble ruimtetelescoop gaat eveneens bolhopen bekijken en brengt wellicht dubbelsterren in het zicht die uit twee hoofdreekssterren bestaan.

Tevens gaat de ruimtetelescoop sterren tellen op verschillende plaatsen in een bolhoop, hetgeen inhoudt dat voor het eerst de scheiding van sterren met een verschillende massa direct gemeten zal worden. Dit is van belang omdat

met name de verdeling van zware sterren in de kern en lichte in de buitengebieden verband kan houden met de kernineenstorting. Bovendien zullen theoretici, al dan niet gewapend met deze informatie, met nog slimmere methodes op nog grotere supercomputers realistischere modellen voor bolhopen opstellen. Het laatste woord over bolhopen is nog niet gezegd.

In een andere vorm hebben de auteurs dit Euroartikel gepubliceerd in ons Frans zusterblad *La Recherche*, maart 1989; no. 208, pag. 342-350.

Literatuur

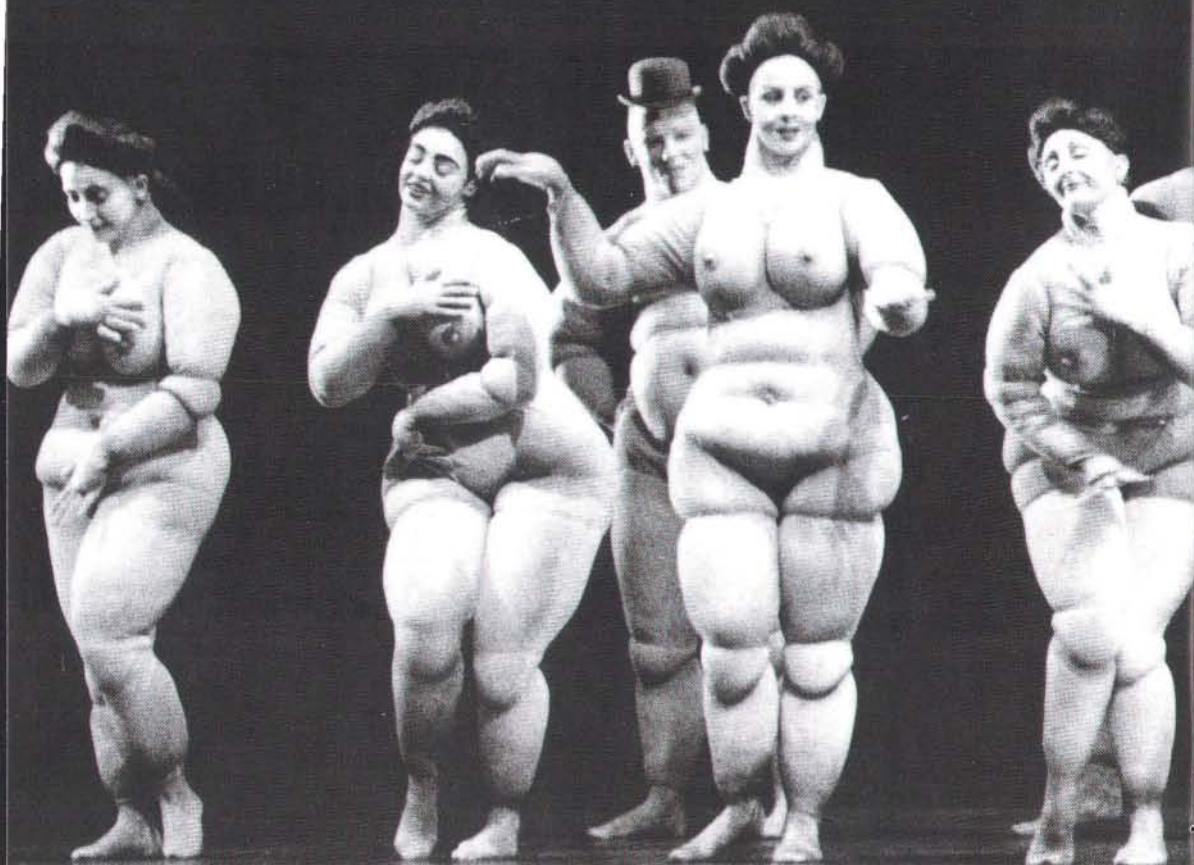
Heuvel EPJ van den. Computers berekenen de evolutie van sterren. *Zenit* 1985; 12, 282-288.
Kiers G. Hubble Space Telescoop. *Natuur en Techniek* 1987; 55: 7, 572-581.
Kiers G. Geboorte van een stervende ster. *Natuur en Techniek* 1989; 57: 2, 100-109.
Paradijs J van. Vijf jaar na Exosat. *Zenit* 1988; 15, 148-159.
NTT ziet eerste licht. *Natuur en Techniek* 1989; 57: 5, IV-V.

Bronvermelding illustraties

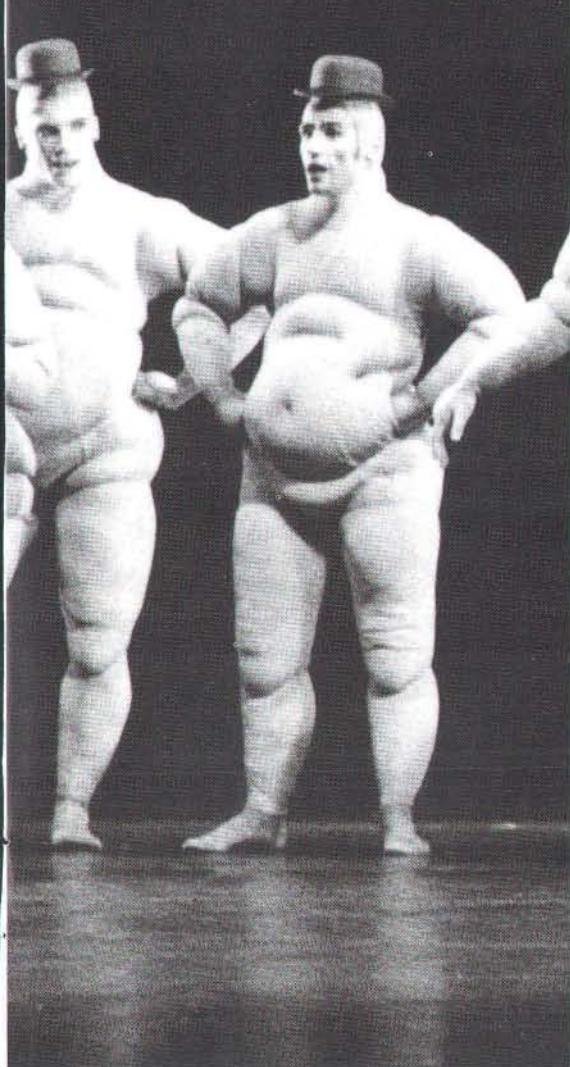
F. Espenak: 754-755
European Southern Observatory, Garching, BRD: 754-755, 10, 11, 12, 13, 14.
M. Bolte en P. Stetson, Dominion Astrophysical Observatory, Victoria, Canada: 1.
K. Iwasaki/Zefa, Benelux Press, Voorburg: 2.
J. der Kinderen, Nietap: 3.
W. Friedhorsky, Los Alamos, USA: 4.
Nuffield Radio Astronomy Laboratories, Jodrell Bank, UK: 5.
European Space Agency, Noordwijk: 7, 17.
REX/RBP, Amsterdam: 6.
J. Djorgovski (en G. Meylan), Los Angeles, USA: 8.
L. Pierce/Gamma, RBP, Amsterdam: 16.
De overige illustraties zijn afkomstig van de auteurs; met dank aan J. Goodman (15) en A. Lyne (9).

ONDERVOED OF OVERVOERD

een delicate balans



In de voorstelling *Groosland* rekende het Nationale Ballet af met de opvatting dat dansers een 'perfecte' lichaamsbouw moeten hebben. De dikkerds riepen het beeld op van mensen die zich, ondanks hun overgewicht, lekker in hun lijf voelen. Dankzij ingenieuze kostuums konden de dansers de gezondheidsrisico's die bij overgewicht horen, vermijden.



Een gezond mens van 70 kilo weegt na een jaar nog steeds 70 kilo en de hoeveelheid vet en eiwit in zijn lichaam is hetzelfde gebleven. Toch heeft zijn lichaam gedurende dat jaar onder andere 25 kilo eiwit, 150 kilo koolhydraten en vier milligram jodium omgezet en verwerkt. Dat gebeurt tijdens talrijke stofwisselingsprocessen die zeer nauwkeurig op elkaar afgestemd dienen te zijn. De stoffen die ervoor nodig zijn worden van buitenaf aangevoerd. Wanneer er teveel of juist te weinig voedingsstoffen het lichaam binnenkomen spreken we van wanvoeding. Wanvoeding kan betrekking hebben op het totale voedingspakket, of op bepaalde voedingsstoffen daaruit. Wat zijn de oorzaken en de gevolgen hiervan?

Ir M.D.A.F. Hoffmans

*Rijksuniversiteit Leiden
en Centrum voor Epidemiologie, RIVM
Bilthoven*



1. Tal van factoren bepalen hoe veel en hoe vaak we eten. Behalve honger of verzadiging zijn dat onder meer stemming, sfeer en tafelenoten. En het oog wil ook wat.

2. Wie zware lichamelijke arbeid verricht, gebruikt meer energie dan iemand met een rustige kantoorbaan.

3, 4 en 5. Lichaamsbouw en -samenstelling kunnen worden uitgedrukt in zogenaamde antropometrische maten, bijvoorbeeld lengte en gewicht. Met een eenvoudig apparaat, een huidplooidiktemeter, is een maat voor het vetgehalte te bepalen.

Het voedsel, dat we iedere dag tot ons nemen, bestaat uit een groot aantal voedingsmiddelen. Deze voedingsmiddelen bevatten de voedingsstoffen die ons lichaam nodig heeft. Sommige voedingsstoffen leveren hoofdzakelijk energie, zoals vetten, koolhydraten en alcohol. Andere, bijvoorbeeld eiwitten en mineralen, zijn vooral nodig voor groei en herstel van de weefsels. En tenslotte zijn er voedingsstoffen die nodig zijn voor de regulatie van lichaamsprocessen: vitaminen en spooorelementen.

Om aan de behoeften van ons lichaam te voldoen, dient de voeding alle stoffen in de juiste hoeveelheden en verhoudingen te leveren. Wanneer van een bepaalde voedingsstof teveel wordt ingenomen, kan dit resulteren in specifieke afwijkingen. Deze komen niet vaak afzonderlijk voor, want voedingsmiddelen zijn meestal opgebouwd uit verschillende voedingsstoffen. Bij overconsumptie zal daarom een overmaat aan de ene voedingsstof samengaan met een overmaat aan een andere. Zo bevatten veel snoep- en zoetwaren zowel veel suiker als veel vet. Hartige versnaperingen zijn meestal rijk aan vet en rijk aan zout.

De voedingstoestand

In het vervolg van dit artikel zullen we vooral ingaan op het totale voedingspakket. Hoeveel en hoe vaak we eten en wanneer we ophouden

met eten, wordt door een veelheid van factoren bepaald. Allereerst zijn er de zogenaamde sensorische factoren: hoe ziet het voedsel eruit en hoe smaakt het. Maar ook psychologische en sociale factoren spelen een belangrijke rol: in wat voor stemming verkeer je en met welk gezelschap zit je te eten. Tenslotte zijn er fysiologische factoren, zoals honger en verzadiging. De regulatie daarvan speelt zich voornamelijk af in de *hypothalamus*. Daar bevinden zich het zogenaamde *hongercentrum* en het *verzadigingscentrum*. Bij stijging van het gehalte aan glucose, aminozuren of vrije vetzuren in het bloed, wordt het hongercentrum geblokkeerd en het verzadigingscentrum geactiveerd. Bij daling gebeurt het omgekeerde.

Wanneer een volwassene per dag één snee brood meer opneemt dan hij verbruikt – wat zoveel is als 300 kJ (ca 70 kcal) – zal het lichaamsgewicht, volgens de wet van behoud van energie, in een jaar ongeveer 3 kilogram toenemen. Deze gewichtstoename blijkt niet voor alle mensen hetzelfde te zijn. De één neemt bij een te hoge energie-opname meer in gewicht toe dan de ander. Dit komt doordat mensen van elkaar verschillen in de mate waarin ze lichamelijk actief zijn, maar ook doordat de stofwisseling in rust niet bij alle mensen even hoog is (zie *Intermezzo*). Verder zijn er individuele verschillen in de hoeveelheid warmte die vrijkomt bij het verbranden van



2

Om een indruk te krijgen van de voedings-toestand van een bevolking en van een individu kan men gebruik maken van de zogenaamde *anthropometrische* maten. Dit zijn de maten die de lichaamsbouw en de lichaamssamenstelling weergeven, bijvoorbeeld lengte, gewicht en vetpercentage. Een bekende maat is die van de huidploidikte; deze wordt op een aantal gestandaardiseerde plaatsen van het lichaam met een huidplooiometer gemeten en geeft een indicatie van het vetgehalte. In ontwikkelingslanden blijkt bij kinderen het vaststellen van de armomtrek een eenvoudige en goed bruikbare manier te zijn om een indruk te krijgen van hun voedingstoestand. Vanzelfsprekend moet men bij het berekenen van het vetpercentage uit antropometrische maten rekening houden met raciale verschillen in lichaamsbouw.



3



4



5

voedingsmiddelen. In hoeverre de verschillen tussen individuen erfelijk zijn bepaald, is nog niet duidelijk.

Lange tijd werd verondersteld, dat het vóórkomen van overgewicht bij meerdere personen binnen eenzelfde woongemeenschap te wijten zou zijn aan hun gemeenschappelijke omgevingsfactoren. Uit recent onderzoek blijkt echter, dat de mate van overgewicht tussen ouders en hun natuurlijke kinderen duidelijk meer overeenkomt dan die tussen ouders en hun adoptie-kinderen. Ook de gevonden verschillen tussen identieke en niet-identieke tweelingen wijzen in de richting van een erfelijke component bij het ontstaan van overgewicht.

Energiebalans

Het is uitermate moeilijk om de opgenomen en de verbruikte energie zo nauwkeurig te meten, dat hun onderlinge verhouding, de energiebalans, kan worden opgemaakt. Dit is alleen onder streng gecontroleerde laboratoriumomstandigheden mogelijk.

Bij een positieve energiebalans wordt er door het lichaam meer energie opgenomen dan het verbruikt; dit leidt uiteindelijk tot overgewicht. Bij een negatieve energiebalans wordt er meer energie verbruikt dan er wordt opgenomen, waarvan in extreme gevallen ondervoeding het gevolg is.

Waar hebben we energie voor nodig?

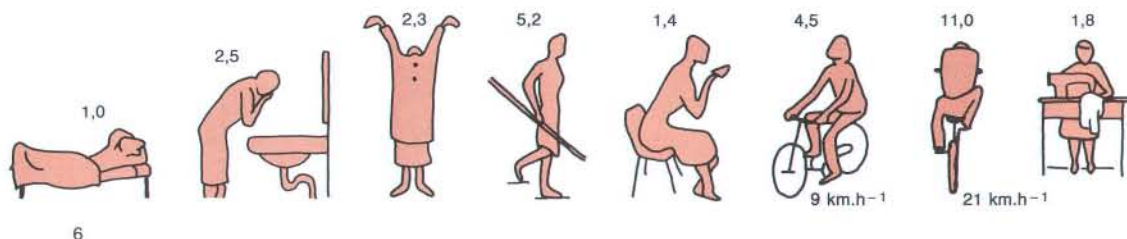
Het ligt voor de hand dat we energie nodig hebben om bewegingen uit te voeren. Maar ook wanneer ons lichaam volledig in 'rust' verkeert – bijvoorbeeld als we slapen – heeft het energie nodig voor processen die continu doorgaan, zoals ademhaling, hartslag en bloedcirculatie. Dit noemen we de *ruststofwisseling* (basaal metabolisme). De hoogte van de ruststofwisseling hangt af van de lichaamssamenstelling. Een gespierd lichaam verbruikt in rust meer energie dan een lichaam dat even zwaar is maar een hoger percentage vet heeft. Voor de berekening van de ruststofwisseling in kJ per dag, kunnen we de formule van Harris en Benedict toepassen:

voor mannen: $4,184 (66 + 13,7 W + 5 l - 6,8 a)$;

voor vrouwen: $4,184 (655 + 9,6 W + 1,8 l - 4,7 a)$.

Hierin is W het lichaamsgewicht in kg, l de lengte in cm en a de leeftijd in jaren. De ruststofwisseling bedraagt gemiddeld drie kwart van de totale energiebehoefte. Alleen bij personen die erg actief zijn, zal het aandeel van de ruststofwisseling lager zijn.

Een gedeelte van de ruststofwisseling is betrokken bij de warmteproductie van het lichaam. De warmte, die vrijkomt bij stofwisselingsprocessen in het lichaam, houdt mede de lichaamstemperatuur op peil. Bij verhoogde inspanning of extreme omgevingstemperaturen verandert deze warmteproductie. Ook bij de vertering en opname van de voedingsstoffen komt warmte vrij. Deze bedraagt ongeveer 10% van de energie die de voeding zou leveren, wanneer zij volledig zou worden benut.



6

Met het toenemen van de welvaart is in de meeste westerse landen ook het voedingspatroon veranderd. Sterk toegenomen is het aantal verschillende voedingsmiddelen, waaronder de kant-en-klaarprodukten een belangrijke plaats zijn gaan innemen. De voeding van de mensen in welvarende landen kenmerkt zich door een hoog gehalte verzadigde vetten en enkelvoudige koolhydraten (suikers). Daarentegen eten westerlingen minder meervoudige koolhydraten (zetmeel in graanprodukten, peulvruchten, rijst en aardappelen) en voedingsvezels (in volkorenbrood, groenten en fruit). Met de vooruitgang in de techniek is bovendien de noodzaak tot lichamelijke activiteit sterk afgenomen.

Deze veranderingen zijn veelal ongewenst en worden beschouwd als de oorzaak van de toename van het aantal zogenaamde welvaartsziekten, zoals hart- en vaatziekten, bepaalde vormen van kanker en diabetes type II.

Overgewicht

Een van de meest duidelijke overvoedingsverschijnselen is vetzucht – ook wel *obesitas* of *adipositas* genoemd. Vetzucht ontstaat wanneer er met het voedsel meer energie wordt opgenomen dan verbruikt. Het voedseloverschot wordt in de vorm van vet opgeslagen in de vetdepots van het lichaam en leidt tot een toename van het lichaamsgewicht.

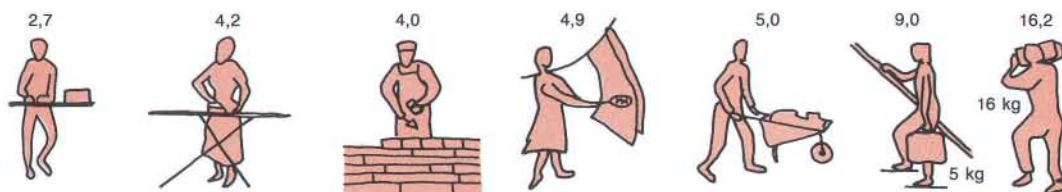
Omdat het lichaamsgewicht sterk afhankelijk is van de lichaamslengte, geeft informatie over het gewicht alléén nog geen inzicht in het vetpercentage van het lichaam. Daarom is in de *Quetelet-index* (QI), als eenvoudige maatstaf voor overgewicht, ook de lichaamslengte betrokken. De Queteletindex wordt berekend door het lichaamsgewicht te delen door het kwadraat van de lichaamslengte ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$). De QI blijkt – althans bij volwassenen – een goede maat te zijn voor het vetpercentage van

INTERMEZZO

Wanneer de hoeveelheid energie die afkomstig is uit de voeding groter is dan de hoeveelheid die nodig is voor ruststofwisseling, extra warmteproductie en lichaamsbewegingen, wordt het overschot door het lichaam opgeslagen. Energie-opslag vindt plaats in de vorm van een polysaccharide, glycogeen, met name in de spieren, en in de vorm van vet, met name in het vetweefsel. Terwijl de glycogeenopslag aan grenzen is gebonden, kan de vetopslag bij een overmaat aan opgenomen voeding zeer sterk toenemen. Het vetpercentage ligt bij mannen gemiddeld in de buurt van vijftien procent en bij vrouwen bij twintig procent. Volgens het Guinness Book of Records ligt het gewichtsrecord bij een 33-jarige man uit New York: hij woog meer dan 454 kg.



7



6. In slaap gebruiken we alleen energie voor het onderhouden van de ruststofwisseling, maar zodra we opstaan stijgt het energiegebruik. De benodigde energie voor een aantal activiteiten is in deze afbeelding weergegeven. De waarden zijn relatief ten opzichte van de ruststofwisseling.

7. Een eenvoudig te bepalen maat voor de energie die een activiteit vergt, is de uit de ademhalingslucht opgenomen hoeveelheid zuurstof. In verhouding met de afgegeven hoeveelheid kooldioxide geeft die aan, in hoeverre de energie van de verbranding van suikers of van vetten afkomstig is.

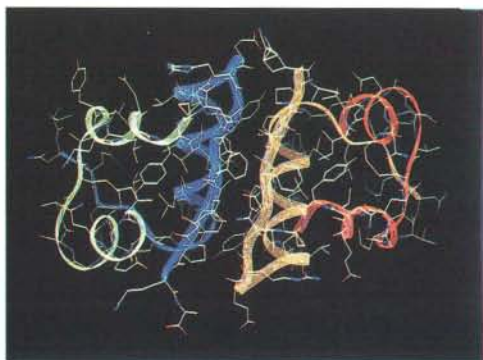
het lichaam, mede doordat hij onafhankelijk is van de lichaams lengte.

Al staan de streefwaarden voor de QI – tussen 20 en 25 $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$ – wel ter discussie, een QI hoger dan 30 $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$ wordt zonder meer als een aanwijzing voor ernstig overgewicht beschouwd. Toch blijkt ook een QI boven 25 $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$, vaak aangeduid met matig overgewicht, al aanleiding te geven tot verhoogde gezondheidsrisico's. Op basis van gezondheids-enquêtes die in Nederland zijn gehouden, valt 34% van alle Nederlandse mannen boven de twintig jaar en 24% van alle Nederlandse vrouwen boven die leeftijd in de categorie 'matig overgewicht'. Ernstig overgewicht ($QI > 30 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$) komt voor bij 4% van de mannen en 6% van de vrouwen.

In vele onderzoeken is aangetoond dat een hoge QI samengaat met een hoge bloeddruk en een hoog cholesterolgehalte van het serum; risicofactoren voor hart- en vaatziekten. Naar-

Tabel Energie in onze voeding	
Voedingsstof	Energie-inhoud ($\text{kJ} \cdot \text{g}^{-1}$)
Vetten	37
Koolhydraten	16
Eiwitten	17
Alcohol	29
1 kcal = 4,184 kJ.	

8. Een belangrijk stofwisselingshormoon is insuline, dat ervoor zorgt dat de cellen suikers uit het bloed kunnen opnemen.



8

9. Onder het motto 'eet elke dag uit elk vak', helpt de maatijschijf bij het samenstellen van een evenwichtige voeding.



9

mate er meer gegevens bekend worden van proefpersonen die lange tijd gevolgd zijn, blijkt dat matig overgewicht, met name op jonge leeftijd, gepaard gaat met een grotere kans op ziekte en sterfte. In een Nederlands onderzoek, dat gebruik maakte van militaire keuringsgegevens, bleek dat 18-jarige mannen met een QI hoger dan 25 kg.m^{-2} , aanzienlijk jonger stierven dan die met een lagere QI.

Niet alleen de hoeveelheid vet is bepalend voor de ernst van het overgewicht, maar ook de plaats waar het vet zich bevindt blijkt van belang te zijn voor de gezondheid. Dat vet op de ene plek eerder wordt afgezet dan op de andere hangt samen met het feit dat sommige plekken gevoeliger zijn voor bepaalde hormonen. Vetzuren afkomstig van de afbraak van vet dat zich in de buikstreek bevindt, gaan rechtstreeks naar de lever, die daardoor overbelast kan worden. Daarom berokkent dit zogenaamde *abdominaal* vet meer schade dan vet dat zich op de heupen en billen bevindt (*gluteaal* vet). In geval iemand meer vet op zijn buik heeft, wordt de lichaamsvorm wel vergeleken met een appel en in het andere geval met een peer. Een eenvoudige maat voor de verhouding van abdominaal en gluteaal vet is de ratio tussen taille- en heupomtrek. Bij appelvormige mannen – met een taille/heup-ratio groter dan één – blijkt het lichaamsvet de stofwisseling te nadelig beïnvloeden. Bij vrouwen gebeurt dat al bij een ratio van 0,85.

Op dieet

Het blijkt zeer moeilijk te zijn om overgewicht te behandelen. De resultaten op de lange duur zijn bijna altijd teleurstellend. Het lichaamsgewicht gaat afnemen, zodra er meer energie wordt verbruikt dan opgenomen. Zo'n negatieve energiebalans kan worden bereikt door de voedselopname te beperken, of het energieverbruik verhogen. In het algemeen is het eerste, een dieet, het eenvoudigst te realiseren, zeker op korte termijn. Op langere termijn is een permanente gedragsverandering vereist. Als aanvulling op het dieet is het aan te bevelen ook de lichamelijke activiteit te verhogen.

Een dieet met een zo evenwichtig mogelijke verdeling van de voedingsstoffen verdient de voorkeur. Voor een evenwichtige samenstelling worden de volgende energieverhoudingen aanbevolen: 10 tot 15% uit eiwit, 30 tot 35% uit vet en 55% uit koolhydraten.

Ernstige obesitas kan worden behandeld met eetlustremmende middelen en met zeer laagenergetische voeding, maar ook bij deze methoden is volhouden zeer moeilijk. Om een drastische vermagering te bewerkstelligen wordt soms ook chirurgisch ingegrepen. Het is namelijk mogelijk om de maag operatief te verkleinen of om de darm te verkorten, waardoor uit het spijsverteringskanaal minder voedsel wordt opgenomen. Een andere methode, die recent veel aandacht heeft gekregen, is

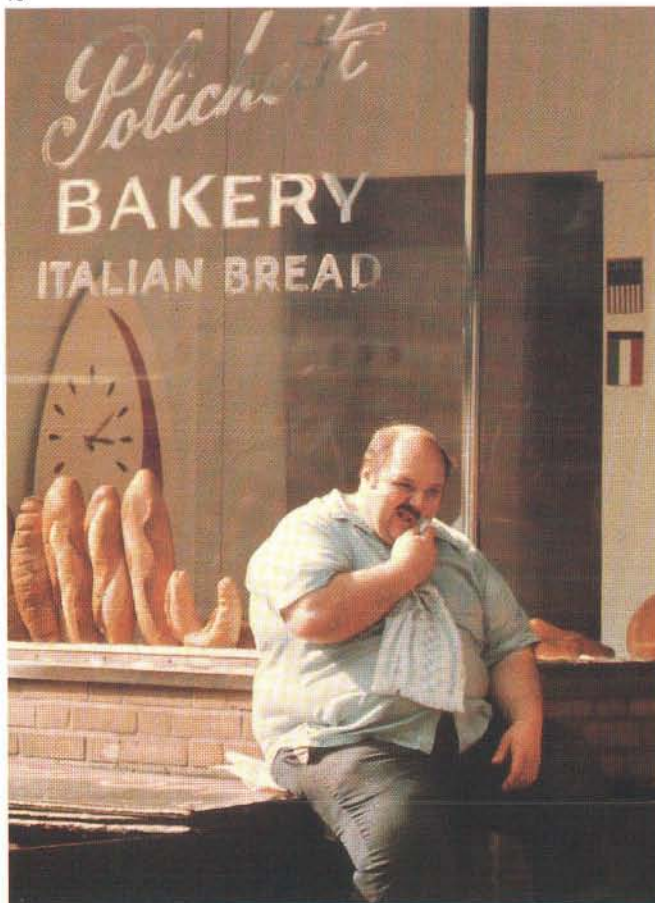
de ballontherapie. Hierbij wordt een ballon in de maag gebracht en met lucht gevuld, zodat de inhoud van de maag wordt verkleind. Op korte termijn zijn met deze methode goede resultaten bereikt, maar over de effectiviteit op lange termijn is nog weinig bekend.

Abnormale eetgewoonten

Behalve dat overgewicht niet gezond is, vinden veel mensen het ook niet mooi. Voor sommige mensen – vooral jonge vrouwen – is een 'slanke lijn' zo belangrijk, dat het streven daarnaar tot ernstige eetstoornissen kan leiden. Wie al te zeer wordt geobsedeerd door zijn lichaamsgewicht, of andere psychosociale onlustgevoelens heeft, kan gemakkelijk abnormale eetgewoontes ontwikkelen. Dat eetge-

drag is er dan op gericht om snel veel gewicht te verliezen. Zelfs als de vermagering doorzet, blijven sommige mensen zichzelf te dik vinden. Deze aandoening noemt men *anorexia nervosa*. Wie daar last van heeft zal vaak niet alleen energierijke voedingsmiddelen vermijden, maar in ernstige gevallen zelfs extra middelen ter gewichtsvermindering aanwenden, zoals het gebruik van braakmiddelen, laxeer- en plaspillen, of extreme lichamelijke activiteit. Als gevolg van deze aandoening kan ernstig ondergewicht optreden, vergezeld van psychische symptomen, zoals extreme aandacht voor voedsel, gebrek aan concentratie en slapeloosheid. Bovendien leidt dit tot andere lichamelijke klachten: menstruatiestoornissen, verlaagde bloeddruk, een trage hartslag en kouwelijke handen en voeten.

10

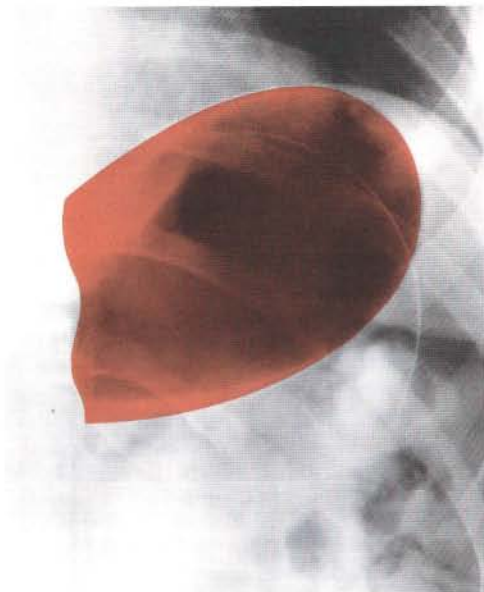


11



10. Wie te zwaar is eet te veel, dat wil zeggen, voert meer energie toe aan zijn lichaam dan het verbruikt. Hoewel de remedie tegen overgewicht eenvoudig lijkt – minder eten en meer bewegen – blijkt het vaak zeer moeilijk om die te realiseren.

11. Een groot deel van de energie die ons lichaam gebruikt wordt omgezet in warmte. Om de warmteproductie te meten kan directe calorimetrie toegepast worden. Waterslangtjes op de huid van een proefpersoon voeren de warmte af en de temperatuurstijging van het water is evenredig met de warmteproductie. Om warmteverlies te voorkomen is de proefpersoon goed geïsoleerd.

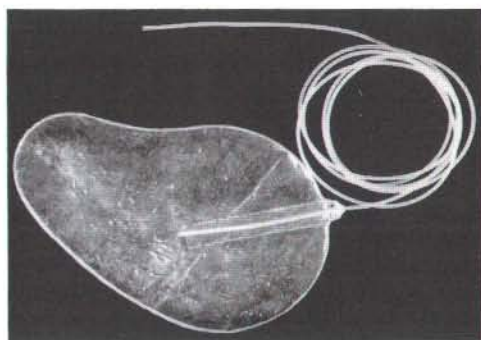


12

12 en 13. Bij ernstig overgewicht kan met een ballon de inhoud van de maag worden verkleind om de voedselopname te beperken. Het donkergekleurde centrum van de röntgenfoto is de met lucht gevulde ballon. De lichte band erboven is het middenrif en die eronder de

maagwand. De ballon wordt via een slangetje opgeblazen.

14. Ondervoeding komt in het Westen niet zoveel voor, maar wie zijn energiebehoefte met alcohol dekt, loopt een gerede kans andere voedingsstoffen te kort te komen.



13

Een variëteit van anorexia nervosa is *bulimia nervosa*. Bij *bulimia nervosa* wordt het eetgedrag eveneens beheerst door de angst om dik te worden, maar daarbij treden periodieke eetaanvallen op. Tijdens deze eetbuien worden grote hoeveelheden voedsel 'opgeschrokt', totdat een gevoel van 'vol zijn' optreedt. Vaak eindigt een eetaanval met braken, of neemt men laxerende middelen in. *Bulimia* kan voorkomen in combinatie met anorexia of obesitas, maar komt ook voor bij personen met een normaal gewicht. Bij de behandeling van deze eetverslavingen moet behalve fysieke, ook psychische genezing worden nagestreefd.

Ondervoeding

In het algemeen is ondervoeding een probleem van de Derde Wereld. Ondervoeding bij personen in de westerse wereld is vaak het gevolg van ziekte of ongezonde leefgewoonten, zoals overmatig drank- en druggebruik. Ook kunnen alternatieve voedingsgewoonten leiden tot tekorten, zoals onlangs bleek uit een onderzoek onder macrobiotisch gevoede kinderen.

Het verband tussen QI en sterfte is niet lineair, maar J-vormig. Dat betekent, dat bij zowel hoge als bij lage QI's de gezondheidsrisico's toenemen. In een onderzoek in Zweden,

waar van een grote onderzoeksgroep de doodsoorzaken konden worden achterhaald, bleek dat de sterfte bij magere mensen veelal werd veroorzaakt door kanker, terwijl hart- en vaatziekten typische doodsoorzaken waren voor dikke mensen. Ook in het onderzoek bij Nederlandse mannen, die op 18-jarige leeftijd werden onderzocht, werd onder de magerste groep een verhoogde sterfte aan met name kanker waargenomen, die bleek samen te hangen met een slechte algemene conditie.

Wanneer er niet voldoende voedsel beschikbaar is, kan het lichaam natuurlijk zijn energiebehoeften verlagen door de lichamelijke activiteiten te beperken. Een andere 'methode' is de lichaamsomvang te verkleinen en aldus de benodigde energie voor de ruststofwisseling en voor lichamelijke arbeid te verminderen. Iemand die een bepaalde hoeveelheid lichaamsgewicht heeft verloren en wiens ruststofwisseling op een lager niveau is ingesteld, kan in een nieuwe evenwichtstoestand komen. Is daarentegen het voedseltekort ernstig, dan teren niet alleen de vetreserves maar ook de spieren in. Voor zover dat dan gaat: een mens kan door voedseltekort niet meer dan 25% van zijn lichaamsgewicht verliezen, met inbegrip van 27% van zijn lichaamseiwit, 72% van zijn vet en 9% van de mineralen uit zijn skelet. Het



14

percentage lichaamsvocht blijft grotendeels onveranderd.

Ondervoeding heeft ook een nadelige invloed op de groei van kinderen. Door een chronisch tekort aan energie en eiwit wordt de lichamelijke en geestelijke ontwikkeling van kinderen verstoord. Ondervoeding leidt bovendien tot een aantasting van het immuunsysteem en daardoor tot een verlaagde weerstand tegen allerlei infectieziekten.

In Afrika en Zuidoost-Azië komen groeivertraging en groeiachterstand weliswaar procentueel minder voor dan vroeger, maar in absolute aantallen uitgedrukt komen er steeds meer kinderen met groeiachterstand, als gevolg van de sterke bevolkingsgroei in die landen. Bij het ontwikkelen van programma's ter verbetering van de voedingstoestand in ontwikkelingslanden, is het belangrijk dat er gezorgd wordt voor diversiteit in voedingsmiddelen. In een 'catch-up' voeding, die gevarieerd is samengesteld, wordt 10 tot 15 procent van de energie geleverd door eiwit. Voor het vetpercentage wordt 15 tot 30% aanbevolen. Doordat vet veel energie bevat (37 kJ per gram vet tegenover 17 kJ per gram koolhydraten) kan de hoeveelheid voedsel beperkt worden. Zou het vet-aandeel kleiner zijn, dan zou de hoeveelheid benodigd voedsel een probleem gaan vormen.

Goede voeding

Om aan de behoeften van ons lichaam te voldoen, dient de voeding alle voedingsstoffen niet alleen in de juiste hoeveelheden, maar ook in de juiste verhoudingen te leveren. Een goede keuze van voedingsmiddelen is dus uitermate belangrijk. Daarom heeft de Nederlandse Voedingsraad in 1986 het rapport 'Richtlijnen Goede Voeding' opgesteld. Een van de belangrijke aanbevelingen uit dit rapport luidt: "Zorg voor een gevarieerde voeding."

Behalve voldoen aan deze richtlijn moet de energie-opname afgestemd zijn op de lichamelijke activiteit. Voor de meeste mensen zal dit resulteren in een QI tussen 20 en 25 kg.m⁻². Uit de gegevens van de voedselconsumptiepeiling 1987-1988, blijkt dat in Nederland – en in België zal dat niet anders zijn – nog steeds te weinig plantaardige en teveel vette producten worden gegeten.

Literatuur

- Schreurs VVAM, Boekholt HA. Eiwitturnover – Schakel tussen voeding en gezondheid. *Natuur en Techniek* 1986; 54; 7, 520-531.
- Robberecht HJM, Keukeleire D De, Deelstra HA. Spoorelementen. *Natuur en Techniek* 1987; 55; 6, 506-515.
- Charbon GA, Grond CJ van der. Van doorslijkt tot afgevoerd. *Natuur en Techniek* 1987; 55; 12, 998-1009.
- Hofstad FJ van, Stout G. Brood – Daar zit wat in. *Natuur en Techniek* 1988; 56; 5, 350-361.
- Kieboom APG. Koolhydraat. *Natuur en Techniek* 1988; 56; 11, 926-935.
- Wesdorp RIC. Ondervoeding in het ziekenhuis, zorg voor de toekomst. Inaugurale rede. Amsterdam: Vrije Universiteit, 1989.

Bronvermelding illustraties

- Jorge Fatauros, Amsterdam: pag. 768-769
- Transworld Features Holland b.v., Haarlem: 1, 2 en 10
- W. Saris, vakgroep Humane Biologie, RL, Maastricht: 7 en 11
- CAOS/CAMM Center, KUN, Nijmegen: 8
- Voorlichtingsbureau voor de Voeding, Den Haag: 9
- L. Mathus-Vliegen, AMC, Amsterdam: 12 en 13
- WHO, Genève, CH: 14
- De overige afbeeldingen zijn afkomstig van de auteur.



WANDELEN DOOR DE TOEKOMST

HET DIGITALE LANDSCHAP

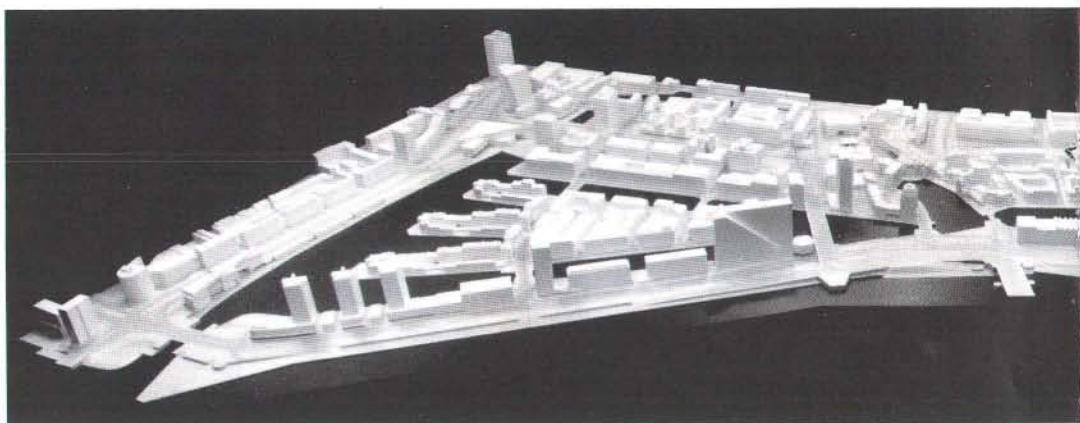
Computersimulatie van een veranderende omgeving. In beeld gebracht is, hoe Wageningen eruit kan zien als het oude hoofdgebouw van de Landbouwniversiteit zou worden vervangen door woningen.

J. Roos-Klein Lankhorst

*Staring Centrum
Wageningen*



Hoe gaat onze omgeving er uit zien als er een nieuwe weg wordt aangelegd of een nieuw gebouwencomplex verrijst? Meestal is dat pas echt duidelijk als de geplande objecten voltooid zijn, en dan is het te laat om nog wijzigingen aan te brengen. Sinds kort kunnen toekomstige situaties met behulp van de computer in beeld gebracht worden. Nu computers steeds krachtiger worden en de gecreëerde beelden fotorealisme beginnen te benaderen, is het de verwachting dat dit type computergebruik sterk zal toenemen. Wel levert de invoer van de benodigde gegevens en de lange rekentijd voor het maken van realistische perspectiefprojecties nog de nodige problemen op. Videobeelden als aanvulling op de computerperspectieven beperken de rekentijd en de hoeveelheid invoer en vergroten het realisme van de beelden.



1

Plannen voor de (her)inrichting van het landelijke en stedelijke gebied worden veelal in hoorzittingen of op inspraakavonden aan de bevolking gepresenteerd. De bezoekers horen dan van de planners wat er met hun omgeving gaat gebeuren en kunnen daarop reageren. Meestal worden de plannen toegelicht aan de hand van technische tekeningen, plattegronden, een enkel (vogelvlucht)perspectief en soms een maquette.

Voor veel mensen is het uiterst lastig om zich op grond van het gepresenteerde materiaal een duidelijk beeld te vormen van de veranderingen die het plan in de omgeving teweeg zal brengen. Daardoor kunnen ze vaak niet adequaat op de plannen reageren en realiseren ze zich pas na de voltooiing ervan wat de gevolgen precies zijn. En dan is het meestal te laat om nog wensen kenbaar te maken.

Niet alleen voor de bevolking is het lastig om zich een beeld van toekomstige situaties te vormen. Ook van degenen die de plannen maken, de (landschaps)architecten en stedenbouwkundigen, wordt een groot voorstellingsvermogen verwacht, en hetzelfde geldt voor de opdrachtgevers die de plannen moeten beoordelen.

Voor plannen in het stedelijke gebied blijken gedetailleerde maquettes, vanwege de driedimensionale presentatie, bij het publiek goed over te komen. Bovendien kunnen duidelijke beelden vanaf ooghoogte worden verkregen door opnames van de maquettes te maken op video of fotografisch met behulp van speciale apparatuur. Het maken van gedetailleerde ma-

quettes is echter erg arbeidsintensief, en derhalve kostbaar en tijdrovend. Daarom beperkt men zich meestal tot het plangebied zelf en een klein deel van de directe omgeving. Gevolgen voor de ruimere omtrek (horizonvervuiling) worden zodoende niet in beeld gebracht.

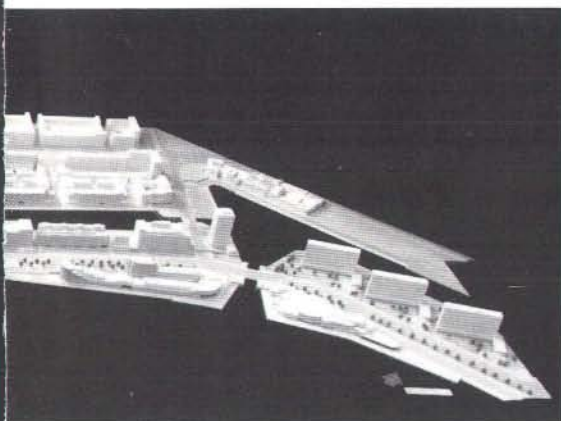
Voor het visualiseren van geplande ontwikkelingen in grote stukken land in het buitengebied zijn maquettes minder geschikt. Dat komt doordat de afmetingen van de verticale elementen (bomen, gebouwen) erg klein zijn ten opzichte van de horizontale maten, vooral in reliëfarme streken. Voor een enigszins realistische weergave zouden de maquettes enorme afmetingen moeten krijgen.

Computers

In hoeverre kan de visualisering worden verbeterd door gebruik te maken van computers? Met behulp van een computergestuurde freesmachine worden al enige tijd uiterst nauwkeurige maquettes vervaardigd, maar ook die zijn ongeschikt voor het visualiseren van uitgestrekte gebieden. Dit artikel gaat daarom uitsluitend in op het maken van afbeeldingen van (veranderingen in) landschappen met behulp van de computer.

Voor het automatisch genereren van afbeeldingen moet men in de eerste plaats beschikken over computerprogrammatuur en -apparatuur die de geometrische gegevens van een ontwerp en het landschap kan omzetten in afbeeldingen op een beeldscherm.

Systemen voor het *computer ondersteund*



1. Rotterdam Waterstad is een groot stedenbouwkundig project bij de Nieuwe Waterweg. Voor plannen in de stedelijke omgeving voldoet een maquette goed. In het buitengebied levert de uitgestrektheid van het landschap problemen op.

2, 3 en 4. Met CAD-systemen worden straklijnige plantekeningen gemaakt met sterk gestileerde bomen als in 2. Er bestaan speciale visualiseringsprogramma's waarmee veel realistischer afbeeldingen kunnen worden gemaakt, zoals in 3 en 4.



2

ontwerpen (CAD-systemen) bieden de mogelijkheid om een gedetailleerd ontwerp in te voeren en daarvan perspectiefprojecties te berekenen. Een plotter kan deze projectie daarna in strakke lijnen uittekenen. Voor het maken van meer natuurgetrouwe tekeningen bieden ze echter geen goede mogelijkheden. Zo is het bijvoorbeeld niet mogelijk 'zachte' elementen, zoals beplantingen, efficiënt in te voeren en duidelijk weer te geven. Voor bomen en struiken worden doorgaans sterk gestileerde symbolen gebruikt, waardoor de afbeeldingen weinig realistisch overkomen (afb. 2).

Er zijn sinds kort echter speciale visualiseringsprogramma's op de markt waarmee natuurlijk aandoende detailleringen kunnen worden aangebracht (afb. 3 en 4). Hiermee kunnen vrij realistische beelden van landschappen worden verkregen, al kost dat vaak wel veel re-

kentijd. De meeste visualiseringsprogramma's zijn echter meer gericht op het maken van 'mooie plaatjes', waarin allerlei licht- en spiegeleffecten worden verwerkt, dan op het maken van realistische beelden. Ook wordt steeds meer de nadruk gelegd op bewegende beelden: *animatie*.

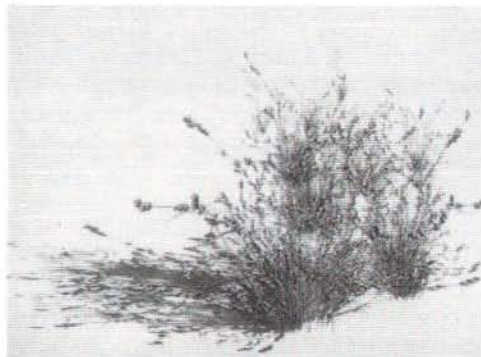
Computeranimatiesystemen

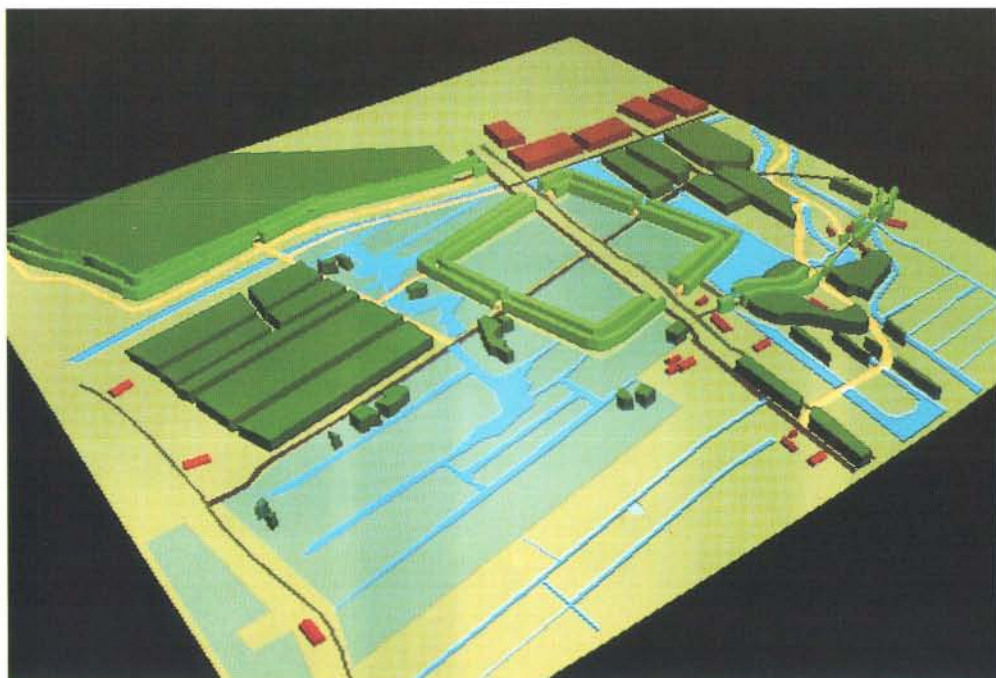
Om een wandeling door een ontwerp en de gewijzigde omgeving te kunnen simuleren moet een groot aantal beelden van de toekomstige situatie worden gemaakt. Voor een videofilmje van één minuut zijn er al 1500 (60 x 25) nodig. Daarom zijn er speciale computeranimatiesystemen ontwikkeld, waarmee op het beeldscherm een hele route in scène kan worden gezet. De voor de film benodigde computerbeel-

3



4





5

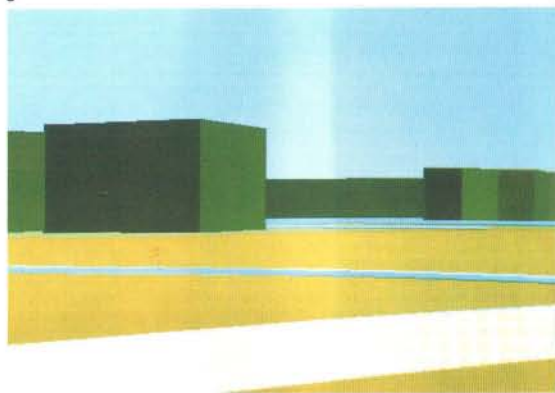
den worden daarna (vaak 's nachts) achter elkaar berekend en meteen automatisch, beeld voor beeld op video of film gezet. Met geavanceerde animatiesystemen wordt, ten koste van een enorme hoeveelheid rekenwerk, gestreefd naar een zeer hoge beeldkwaliteit. Deze systemen zijn erg kostbaar en worden vaak per uur verhuurd.

Bij de computeranimatiesystemen gaat men ervan uit dat de beelden geheel met de computerprogrammatuur worden berekend. Voor het in beeld brengen van de gevolgen voor de bestaande omgeving moet dan ook het omringende landschap in de computer worden inge-

7



6



8



voerd en in een driedimensionaal model worden omgezet. Voor de opbouw van zo'n computermodel moet men niet alleen over een recente plattegrond beschikken, maar ook over nauwkeurige gegevens met betrekking tot de vorm en hoogte van de beplantingen en gebouwen in het bestaande landschap.

Een gebruikelijke manier om gedetailleerde, driedimensionale informatie over een landschap in te winnen is door middel van fotogrammetrische uitwerking van fotomateriaal. Bij de fotogrammetrie wordt gebruik gemaakt van een gekalibreerde camera, waarbij de ligging van het opnamecentrum ten opzichte van mee te fotograferen randmerken bekend is. Daarmee kan de cameraoriëntering worden berekend. Met een speciaal instrument kan men vervolgens diverse terreinpunten vanaf de foto's opmeten en in driedimensionale coördinaten omrekenen, waarna deze in een computer kunnen worden ingevoerd.

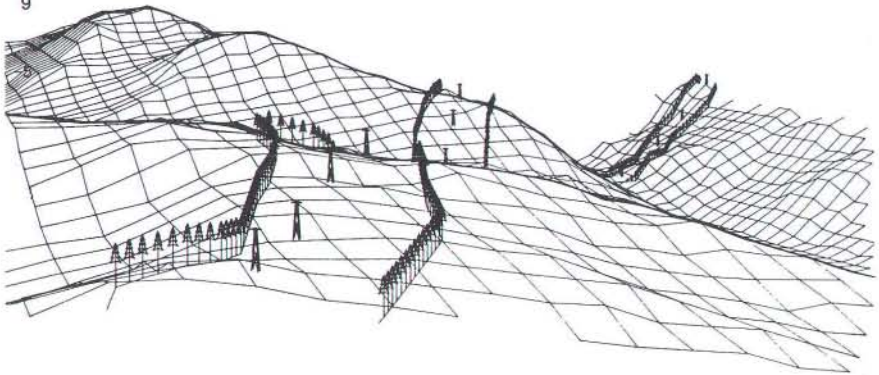
Om nu een geometrisch model op te kunnen bouwen, moet het verband tussen de opgemeten punten worden vastgelegd. Zo moet be-

kend zijn welke punten de hoekpunten vormen van een vlak. Voor veel voorkomende objecten, zoals huizen, bomen en dijken, wordt wel gewerkt met een vormcode, die bestaat uit een vast aantal op te meten punten die de plaats en de afmeting van het object bepalen. De computerprogrammatuur genereert uit vormcode en coördinaten dan een gestileerd model van elk opgemeten object.

Voor het nauwkeurig invoeren van het reliëf is weer andere programmatuur nodig, die de structuur van een terrein kan afleiden uit de ingevoerde hoogtepunten of -lijnen (afb. 9). In de meeste CAD-systemen ontbreekt deze programmatuur. Digitale terreinmodellering is vaak wel opgenomen in speciale programma's voor geografische informatie en sinds kort ook in sommige visualiseringsprogramma's.

Het inwinnen en invoeren van de geometrische gegevens van complexe landschappen is geen eenvoudige zaak en kost gewoonlijk erg veel tijd, zeker indien een grote mate van detaillering en nauwkeurigheid wordt nagestreefd. Ook het maken van perspectiefprojecties

9



5, 6, 7 en 8. Hier is in beeld gebracht hoe het landschap tussen Delft en Schiedam kan veranderen door de aanleg van bossen. Een computerperspectief van grote hoogte geeft een overzicht van het ontwerp (5). Een passend perspectief vanaf ooghoogte wordt berekend (6), waarvan de contouren worden geprojecteerd op een videobeeld van de bestaande situatie

(7). De contouren worden (op het beeldscherm) ingevuld met opnamen van bestaande bossen. Er ontstaat een realistisch aandoend beeld van de toekomstige situatie (8).

9. Om een zo nauwkeurig mogelijk beeld van een landschap te maken, is onder andere programmatuur nodig die hoogtelijnen kan omzetten in een reliëfbeeld.

ties van dergelijke complexe modellen kost erg veel rekentijd. Met de gangbare programmatuur ontstaan sterk gestileerde beelden, die aanzienlijk van de werkelijkheid afwijken, zeker bij landschappen met een natuurlijk karakter. Het aanbrengen van meer natuurlijkheid in de beelden vraagt specialistische programmatuur. De beelden die daarmee worden verkregen zijn echter geen natuurgetrouwe weergave van het landschap, maar lijken meer op een secuur nagebouwd decor.

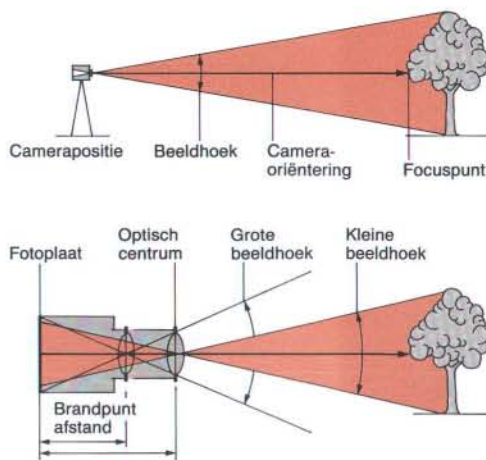
Berekening van een in een foto passende computerprojectie

Om een computerprojectie van het ontwerp te berekenen die past in een foto of videobeeld van het landschap, moeten het *oogpunt*, de *kijkrichting* en de *beeldhoek* van de projectie overeenstemmen met de positie, de richting (focuspunt) en de beeldhoek van de camera (afb. I-1). Indien de preciese camera-gegevens van de te gebruiken foto niet bekend zijn, dan moeten ze bepaald worden aan de hand van een aantal op de foto zichtbare, bekende terreinpunten (referentiepunten).

In de landmeetkunde zijn methoden ontwikkeld voor de berekening van de camera-oriëntering, die vooral gebruikt worden bij de verwerking van luchtfoto's. Voor zulke berekeningen moeten de brandpuntsafstand en de positie van het optische centrum ten opzichte van de rand van de camera bekend zijn. Indien met een gekalibreerde camera wordt gewerkt, zoals in de landmeetkunde gebruikelijk is, dan zijn deze grootheden bekend.

In de (landschaps)architectuur is het niet gebruikelijk om landmeetkundige apparatuur te gebruiken voor het maken van presentatiemateriaal. Het beeldmateriaal wordt gewoonlijk met (semi-)professionele foto- en video-apparatuur gemaakt, standplaats en camerarichting worden globaal genoteerd, randmerken ontbreken. De beeldhoek is bij een vaste lens te berekenen uit de brandpuntsafstand (afb. I-1), maar bij gebruik van een zoomlens is de brandpuntsafstand slechts globaal af te lezen. Dit betekent dat er vaak te veel onbekende factoren zijn om de landmeetkundige berekeningsmethode zonder meer te gebruiken.

Het visualiseringssysteem dat is ontwikkeld door de vakgroep Informatica van de Landbouwniversiteit werkt met gedigitaliseerde videobeelden. Er is programmatuur ingebouwd van de vakgroep Landmeetkunde van deze universiteit, waarmee de uitwendige oriëntering van de camera wordt berekend.



I-1. Bij het inpassen van een computerprojectie op een bestaande foto- of video-opname, moeten zo-

veel mogelijk parameters van die opname bekend zijn.

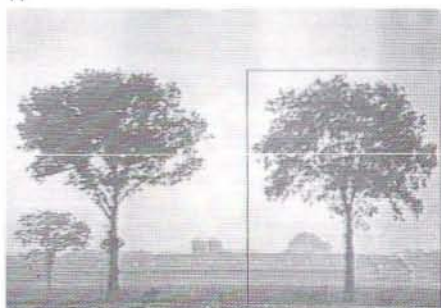
Deze programmatuur is aangevuld met een berekeningsmethode om de beeldhoek te bepalen en een algoritme voor de berekening van een eerste schatting van oogpunt en focuspunt.

Deze eerste schatting van het oogpunt en het focuspunt wordt verkregen op grond van vier referentiepunten die in één vlak moeten liggen. Uit de perspectivische vertekening van het geprojecteerde vlak op het videobeeld ten opzichte van de terreincoördinaten worden oogpunt en focuspunt berekend via een *inverse perspectief transformatie*. De berekende waarden worden vervolgens als startwaarden

10



11



12



INTERMEZZO

Fotomontage

gebruikt voor de berekening van de uitwendige oriëntering.

Als men niet beschikt over voldoende, nauwkeurig bekende terreinpunten, dan kan de hier boven beschreven berekeningsmethode niet worden gebruikt. In dat geval moet de projectie 'met de hand' passend worden gemaakt op de foto of de videobeelden van het landschap. Hiertoe worden elementen die op het landschapsbeeld goed zichtbaar zijn aan de hand van kaarten opgemeten en de hoogte ervan wordt opgevraagd of ingeschat. Deze referentie-elementen worden in het geometrische model van het ontwerp opgenomen. Vervolgens wordt met behulp van de programmatuur een projectie berekend uit het op de kaart opgemeten oogpunt, met een geschatte richting en beeldhoek. Deze projectie wordt als lijntekening over het videobeeld van het landschap afgebeeld. Daarna worden richting en beeldhoek door de gebruiker aangepast en de projectie opnieuw berekend, totdat de berekende projecties van de referentie-objecten over hun evenbeeld op het videobeeld heen vallen. De bijstelling van de projectie gebeurt als volgt: als de maat van de projectie niet klopt, dan wordt de beeldhoek aangepast; als de projectie verschoven ligt, dan wordt het focuspunt aangepast; wanneer het perspectief te sterk/zwak is, dan wordt het oogpunt aangepast.

Alhoewel de hier geschetste 'trial and error' methode tijdrovend lijkt, valt dit in de praktijk wel mee, zolang tijdens het aanpassingsproces een eenvoudig geometrisch model wordt gebruikt. De berekening van de projectie kan dan snel verlopen, zeker wanneer de berekening van de onzichtbare vlakken achterwege wordt gelaten. De aanpassing is veel moeilijker als de beelden niet zuiver horizontaal genomen zijn. Het is dan ook aan te raden bij het maken van de foto's of video-opnamen gebruik te maken van een statief met een waterpas.

Een visualiseringstechniek waarbij de invoer van landschappelijke gegevens beperkt blijft en tevens realistischer beelden ontstaan is de *computer ondersteunde fotomontage*. De computer berekent een perspectivische afbeelding van het ontwerp die past op een foto van de omgeving en daar kan worden ingemontereerd (zie Intermezzo).

Een groot voordeel van fotomontage is dat fotobeelden van het bestaande landschap veel beter de werkelijkheid benaderen dan perspectieftekeningen die met de computer worden gemaakt. Bovendien vergt het maken van foto's veel minder inspanning, geen computertijd, en is dus veel goedkoper. Een nadeel is wel, dat van de omgeving alleen beelden beschikbaar zijn vanuit de standpunten die voor de foto's zijn gekozen, terwijl het ontwerp met computergegenereerde beelden vanuit elk willekeurig standpunt kan worden weergegeven. Dit betekent dat deze vorm van visualisering een statisch karakter heeft. Om een wandeling door de nieuwe situatie te simuleren kan men natuurlijk wel een aaneenschakeling van foto's en montages op film of video maken, maar dan zijn er zo veel beelden nodig, dat dit in de praktijk niet aantrekkelijk is.

Zolang alleen nieuwe elementen worden toegevoegd, is de montage betrekkelijk eenvoudig uit te voeren, al kan het lastig zijn om de kleur (of grijs tinten) van de projectie op het fotomateriaal te laten aansluiten. Wanneer er ook veranderingen in de bestaande situatie plaatsvinden, zoals het kappen van bestaande beplantingen of veranderingen in loop van wegen, moeten verregaande wijzigingen in het fotomateriaal worden aangebracht.

13



10, 11, 12 en 13. Met het visualiseringssysteem dat is ontwikkeld op de Wageningse Landbouwuniversiteit kan bijvoorbeeld een boom van het ene beeld (11) naar een ander beeld (10) worden gecopieerd (12). De oude achtergrond van de boom kan met een speciale techniek worden vervangen door de nieuwe (13).



14

14, 15, 16 en 17. Nog voor de aanleg van een geluidsscherm langs een snelweg kunnen beelden van de oorspronkelijke situatie (14) worden omgewerkt tot mogelijke alternatieven. (15, 16 en 17).

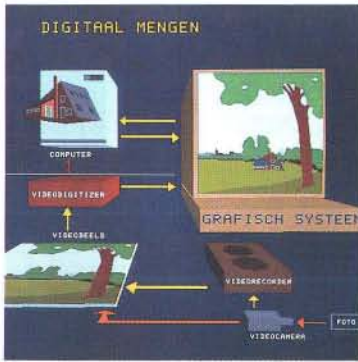


15

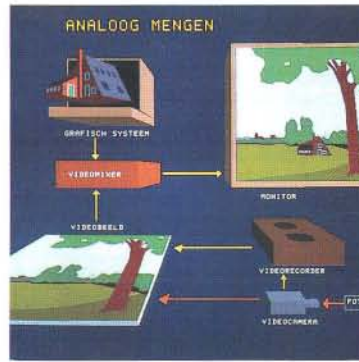
Levert dat al praktische problemen op, een extra moeilijkheid treedt op wanneer een deel van het ontwerp achter bestaande landschapselementen op de foto schuil gaat. Aangezien het wegsnijden van niet-zichtbare delen van het ontwerp gewoonlijk met de hand gebeurt, zou voor het verkrijgen van een volledig beeld van het ontwerp elk beeld afzonderlijk opnieuw moeten worden gepast, ingekleurd, geplakt en geknipt. Montagefoto's worden dan ook vooral gebruikt voor de eindpresentatie van een ontwerp. Zij zijn minder geschikt om de ontwerper al in een vroeg stadium te helpen bij de inpassing van zijn ontwerp in de omgeving.

Montage met videobeelden of gescande foto's

Een effectievere werkmethode ontstaat, wanneer naast het ontwerp ook het landschapsbeeld via een beeldscherm kan worden weergegeven en gemanipuleerd. Met behulp van een scanner kan men een foto van een bepaald gebied per beeldpunt aftasten en in het computergeheugen laden. Videobeelden zijn nog eenvoudiger te verwerken, namelijk door het videosignaal te digitaliseren en in die vorm in het computergeheugen te brengen (afb. 18). Eenmaal in het computergeheugen kunnen de omgevingsbeelden met behulp van programmatuur naar believen worden aangepast en wor-



18



19



20



21



16



17

18 en 19. Digitale (18) en analoge (19) beeldmontages zijn twee technieken om videobeelden te mengen met beelden die met een grafisch computersysteem zijn gemaakt.

20, 21. Met het hier gebruikte systeem is het mogelijk om via het beeldscherm met het perspectiefbeeld van een ontworpen woning in het landschap te 'spelen'.

den gemengd met computerbeelden van het ontwerp.

In een tweede methode worden videobeelden van de omgeving, na synchronisatie, analoog gemengd met het signaal van de grafische monitor (het ontwerp) (afb. 19). In dat geval kan het videobeeld zelf echter niet worden aangepast, maar dient het slechts als achtergronddecor. Voordeel van analoog mengen is dat met bewegende beelden kan worden gemengd, zodat bijvoorbeeld een computerprojectie van een nieuw gebouw kan worden getoond tegen de achtergrond van een park met wuivende bomen, kabbelend water en zwemmende eendjes.

In beide gevallen kan de ontwerper tijdens het ontwerpproces op het beeldscherm beschikken over beelden van de omgeving, als achtergrond van zijn ontwerp. Het juiste perspectiefbeeld van het ontwerp moet dan met behulp van computerprogrammatuur op de juiste plaats in het omgevingsbeeld worden geplaatst.

Door enkele bestaande objecten in het model van het ontwerp op te nemen, zoals de kerktoren in afbeelding 18 en 19, kan gecontroleerd worden of de montage correct is: de projectie van de bestaande objecten moet dan precies over die objecten in het omgevingsbeeld vallen. Daarnaast kunnen kleuren wor-



23



24

den aangepast, zonodig delen van het ontwerp worden weggesneden en realistische afbeeldingen van nieuwe beplantingen worden toegevoegd (afb. 10 tot en met 13).

Indien de videobeelden van de omgeving analoog worden gemengd met computerbeelden van het ontwerp, kan een animatie worden gemaakt door de berekende computerbeelden eerst beeldje voor beeldje op videoband te zetten, waarna de band dynamisch wordt gemengd met de videoband van de landschapsopnamen. Hierbij is een beperkte manipulatie van de videosignalen mogelijk om de beelden beter op elkaar te laten aansluiten. Veranderingen in de omgevingsbeelden zelf kunnen met deze techniek echter niet in beeld worden gebracht.

Bij digitaal mengen wordt per keer een enkel videobeeld gedigitaliseerd, zodat ook het mengen per beeldje moet geschieden. Voor het maken van een animatie moet elk beeldje van de landschapsopname worden gedigitaliseerd, gemengd met de bijpassende projectie van het ontwerp en vervolgens op videoband gezet. Het beeld-voor-beeld digitaliseren, mengen en op tape zetten is alleen doenlijk als het automatisch kan geschieden. Dit kan alleen als de beelden niet individueel hoeven te worden bijgesteld.

Wanneer de omgevingsbeelden moeten worden aangepast ten behoeve van het ontwerp, zoals bijvoorbeeld het verwijderen van bestaande beplantingen, dan zal moeten worden volstaan met een opeenvolging van stilstaande beelden (vergelijkbaar met een serie dia's; afb.



25

14 tot en met 17). De op video vastgelegde beelden van de nieuwe situatie kunnen wel eventueel worden afgewisseld met bewegende beelden van de bestaande situatie, we beschikken immers over de oorspronkelijke video-opnamen.

Montage op het beeldscherm vraagt veel digitaal geheugen en speciale apparatuur en programmatuur die de koppeling tot stand brengt tussen de video-apparatuur of scanner enerzijds en de grafische computerapparatuur anderzijds. Zowel videodigitizers als goede kleurenscanners zijn pas sinds kort tegen redelijke prijzen verkrijgbaar. Voor animatie is professionele video-apparatuur absoluut noodzakelijk.



23, 24. Een fotomontage op beeldscherm van de Japanner Nakamae. De oorspronkelijke situatie is in de computer ingevoerd door een kleurenfoto te scannen (23). Vervolgens is er een computerbeeld van de geplande bebouwing ingemonteerd (24).

25, 26. Met computerbeeldtechnieken is het bijvoorbeeld mogelijk te tonen wat er gebeurt als een winkeltje (25) zou worden gesloopt (26). Met een gewone (handmatige) fotomontage is zoiets praktisch niet te doen.



26

Digitale videomontage in de praktijk

Een belangrijke pionier op het gebied van fotomontage op het beeldscherm is de Japanner Nakamae uit Hiroshima, die met gescande kleurenfoto's werkt (afb. 23 en 24). Hij legt zich vooral toe op het produceren van beelden van een zeer hoge kwaliteit en realiteitswaarde voor het simuleren van grote geplande bouwwerken in de bestaande omgeving.

Sinds kort komen er steeds meer systemen beschikbaar die mogelijkheden bieden voor het mengen van computerbeelden met videobeelden of gescande beelden, met name ten behoeve van de reclame- en filmwereld. De hiervoor ontwikkelde programmatuur is meer ge-

richt op speciale effecten, zoals het draaien en in elkaar doen overvloeien van beelden, dan op het perspectief juist inpassen. Experimenteel worden deze systemen wel gebruikt voor het visualiseren van geplande gebouwen en nutsvoorzieningen in de bestaande omgeving. Het omgevingsbeeld zelf wordt gewoonlijk niet of nauwelijks aangepast.

Op de universiteit van Illinois (USA) wordt sinds 1985 op de afdeling landschapsarchitectuur geëxperimenteerd met een bestaand *video-imagingsysteem*. Het landschapsontwerp wordt gevisualiseerd door nieuwe elementen te 'tekenen' op een beeldscherm waarop een videobeeld van het bestaande landschap is afgebeeld. Dit gebeurde aanvankelijk geheel op het oog. In 1986 werden plannen gemaakt om programmatuur te (laten) ontwikkelen voor het berekenen van passende computerperspectieven, die als lijntekening over het videobeeld zou moeten worden getoond, als ondersteuning bij het 'beeld-schermtekenen'.

De vakgroep Informatica van de Landbouwniversiteit en de afdeling Landschapsontwikkeling van het Staringcentrum (voorheen de afdeling landschapsbouw van 'De Dorschkamp') in Wageningen hebben de afgelopen jaren gewerkt aan een systeem voor het visualiseren van veranderingen in het landschap. Hiermee kunnen gedigitaliseerde videobeelden van de bestaande omgeving worden aangepast en gemengd met computerbeelden van het ontwerp. De kleurenillustraties bij dit artikel zijn met dit systeem gemaakt.

Literatuur

- Roos-Klein Lankhorst J. Visualisering van veranderingen in het landschap, een computer-ondersteund ontwerp-instrument voor de (landschaps)architect. Proefschrift LU Wageningen, 1989.
Molenaar, M. Fotogrammetrie. Collegedictaat LU Wageningen.
Geudeke, P.W. 1:25 000 - Land in tekening. Natuur en Techniek 1989, 9, 666-677.

Bronvermelding illustraties

- Gemeente Rotterdam: 1.
G.Y. Gardner: 3.
W.T. Reeves: 4.
D.B. Nickerson, U.S. Dept. of Agriculture: 9.
E. Nakamae: 25 en 26.
De overige illustraties zijn van de auteur.

Germaine M. Buck

*State University of New York
Buffalo, NY*



Lange tijd raadden kinderartsen het kersverse ouders sterk af, hun kind bij zich in bed te laten slapen. Het zou de kans op 'wiegedood' onnodig vergroten. Nu heerst de opvatting, dat maatregelen die de kans op plotselinge zuigelingsterfte kunnen verkleinen, al vroeg in de zwangerschap moeten worden genomen.



WIEGEDOOD

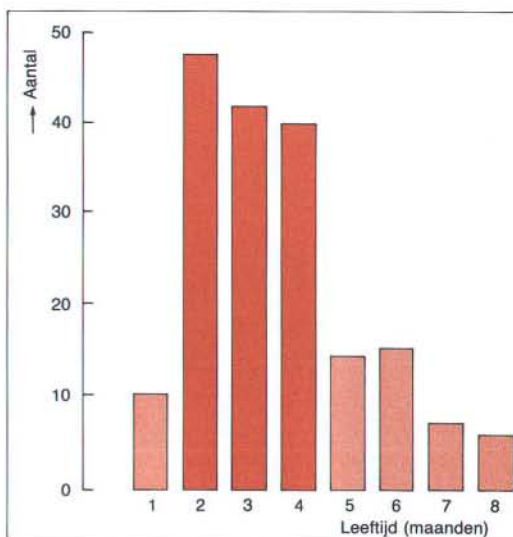
Ieder jaar opnieuw speelt zich in tientallen Belgische en Nederlandse gezinnen een tragedie af. De hele familie is ontzettend blij met de geboorte van een baby. Er zijn geen problemen, het kindje drinkt goed en lijkt gezond. Na twee weken, een maand en na twee maanden gaat het voor controle naar het consultatiebureau, maar deze regelmatige bezoeken leveren niets bijzonders op. En dan op een dag, als de baby ongeveer drie maanden oud is, legt zijn moeder hem in de wieg voor een dutje. Zij stopt hem misschien nog eens extra stevig in omdat hij een beetje verkouden is. Ze gaat verder met haar dagelijkse bezigheden, hoort uit de kinderkamer niets, gaat een uur later kijken en vindt haar kindje dood, met bloederig schuim om de mond.

Als een baby sterft, is dat een verschrikkelijk verlies voor de ouders, wat de oorzaak ook is. Maar als een kind plotseling zonder aanwijsbare oorzaak overlijdt, dan maken de bijkomende onzekerheid en het schuldgevoel het nog veel erger. Soms worden de ouders hun hele verdere leven gekweld door de vraag of ze wel goed genoeg op het kindje gelet hebben en of ze de ramp hadden kunnen voorkomen. Wiegedood of SIDS (Sudden Infant Death Syndrome) treft als een geheimzinnige sluipmoordenaar zeker één op de zesduizend in West-Europa geboren baby's.

De plotselinge dood van baby's is een raadsel, waarop de medische wereld al meer dan honderd jaar het antwoord schuldig blijft. Tot voor kort was zij zelfs niet in staat een fysiologisch onderscheid te maken tussen gezonde kinderen en slachtoffertjes van SIDS. Ouders van dergelijke onverwacht gestorven baby's hebben dan ook niet alleen met hun eigen schuldgevoelens te kampen, maar ook met het wantrouwen van artsen, lijkschouwers en familieleden die zich afvragen of er misschien van verwaarlozing of zelfs van mishandeling sprake was.

Nog maar enkele jaren geleden uitten artsen het vermoeden dat de aan wiegedood toegeschreven slachtoffers in werkelijkheid de dupe waren geworden van slechte verzorging en dat ze misschien gestikt waren door defecte verwarmingsinstallaties, of door voorwerpen in de wieg die daar eigenlijk niet thuishoorden. Hun ongerustheid, verwoord in een in 1986 in het *New England Journal of Medicine* verschenen artikel, baseerden zij op eigen onderzoek naar de doodsomstandigheden van de wiegedoodbaby's, waar zij van oktober 1983 tot januari 1985 in de eerste-hulpafdeling van het Kings County Hospital Center in Brooklyn mee geconfronteerd werden. Sommige medici geloven zelfs dat de meeste SIDS-baby's per ongeluk gestikt zijn en enkelen zijn zelfs van mening dat wiegedood niet bestaat.

Deze houding is echter steeds moeilijker vol te houden, omdat pathologen sinds tien jaar steeds vaker aanwijzingen vinden, dat er subtiele verschillen bestaan tussen de weefsels van wiegedoodbaby's en normale zuigelingen. Door dit biochemische onderscheid groeit het besef dat wiegedood een lichamelijke aandoening is. Het is heel goed mogelijk dat de kenmerkende verschillen ooit gebruikt zullen wor-



1

den om vast te stellen of een kind aan wiegedood of aan andere oorzaken is overleden, zodat onschuldige ouders van blaam gezuiverd kunnen worden. Op dit moment wordt een techniek geëvalueerd, waarmee artsen, met behulp van bij sectie uitgevoerd bloedonderzoek, kunnen bepalen of wiegedood de doodsoorzaak was of niet.

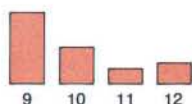
Intussen richten epidemiologen zich bij hun speurtocht naar de achterliggende oorzaken van de weefselveranderingen in SIDS-baby's, op steeds vroegere stadia in de ontwikkeling van deze kinderen. Het lijkt erop dat wiegedood niet begint met bepaalde tekortkomingen in de verzorging van het kind, maar al in de baarmoeder, misschien als gevolg van een minder goede bloedvoorziening van het embryo. Deze nieuwe benadering zal het in de toekomst wellicht mogelijk maken om embryo's met een verhoogd risico op te sporen. Dat is een eerste stap op weg naar de bestrijding van een belangrijke doodsoorzaak van kinderen tussen twee maanden en één jaar oud.

Beddegoed

Tussen 1940 en 1960 daalde de kindersterfte drastisch door de komst van antibiotica en vaccins tegen pokken en polio. Tot die tijd was wiegedood geen belangrijke doodsoorzaak bij baby's. Daarom, en omdat de kinderen meest-

1. Van tweehonderd wiegedoodkinderen is in deze grafiek weergegeven op welke leeftijd ze overleden. Opmerkelijk, maar nog steeds onverklaarbaar, is dat de meeste slachtoffertjes niet ouder dan twee tot vier maanden worden.

2. Dooddrukken door de moeder werd in de oudheid al gezien als verklaring voor mysterieuze gevallen van babysterfte. Zolang de moeder niet gedronken heeft, is de kans dat dat gebeurt echter verwaarloosbaar klein.



2

al niet in een ziekenhuis maar thuis stierven, trok het probleem in de medische wereld weinig aandacht. Toch zijn in de loop der tijd verschillende theorieën opgesteld om plotselinge babysterfte te verklaren, en deze wijzen meestal beschuldigend naar de ouders.

Uit de oudheid dateert een verklaring die enkele sterfgevallen toeschreef aan het feit dat het kind per ongeluk onder de moeder terechtkwam als zij zich in haar slaap omdraaide. Zo staat er in het *Oude Testament* in Koningen 1: "Toen is de zoon van deze vrouw des nachts gestorven doordat zij op hem gelegen had." Met zekerheid valt het natuurlijk niet te zeg-

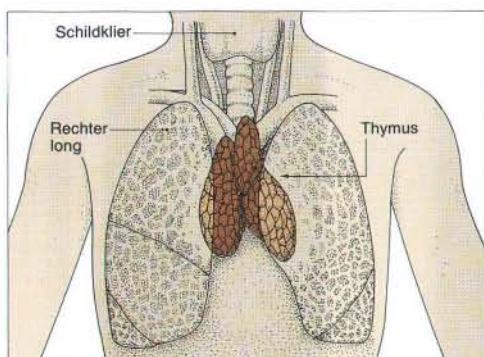
gen, maar hoogstwaarschijnlijk waren enkele van deze sterfgevallen in werkelijkheid aan wiegedood te wijten.

Dooddrukken in de slaap bleef tot ver in de twintigste eeuw de voornaamste verklaring voor wiegedood, hoewel artsen er steeds meer van overtuigd raakten dat in sommige gevallen andere oorzaken een rol moesten spelen, niet in de laatste plaats omdat de slachtoffertjes vaak alleen sliepen. Bovendien zal een moeder die zich in haar slaap omdraait en op haar kind terecht komt, waarschijnlijk door de bewegingen van het kind wakker worden, tenzij ze onder invloed van drank of verdovende middelen

verkeert. Hoewel veel artsen het plotseling overlijden van baby's nog altijd aan onverhoedse verstikking toeschreven, was men nu algemeen van oordeel dat het ongeluk niet veroorzaakt werd door de moeder, maar door de kens of ander beddegoed.

In 1945 verscheen in het *Journal of Pediatrics* een artikel, waarin Paul V. Woolley jr van de Universiteit van Oregon zich als eerste tegen deze opvatting kantte. Woolley had ontdekt dat zelfs als hij een deken over het gezicht van slapende baby's legde, het zuurstofgehalte in hun bloed gelijk bleef. Blijkbaar konden de kinderen door het beddegoed heen ademen.

Intussen was ook een andere theorie over plotselinge babysterfte in zwang gekomen. Ongeveer halverwege de vorige eeuw was het Duitse artsen opgevallen dat de thymus of zwezerik van jonge kinderen die plotseling en onverklaarbaar overleden, vaak vergroot was. Deze klier, die zich juist onder de hals, bovenin de borstholte bevindt, speelt een belangrijke rol bij de ontwikkeling van het afweersysteem. De waarneming leidde tot het idee dat bij SIDS-slachtoffers de thymus zo groot



3

wordt dat het orgaan de luchtweg dichtdrukt en het kind stikt. Spoedig werd het de artsen echter duidelijk dat de thymus van kinderen die plotseling aan een andere oorzaak, bijvoorbeeld een ongeluk, waren gestorven net zo groot was. De thymus van SIDS-baby's is niet vergroot, maar lijkt alleen zo vergeleken bij de verschrompelde thymussen van kinderen die na een langdurig ziekbed overlijden. Helaas werd de thymus-theorie niet onmiddellijk verworpen, met één rampzalig gevolg: in de jaren twintig en dertig gaven artsen nog wel eens het advies om de thymus van gezonde kinderen ter voorkoming van wiegedood preventief te laten bestralen; een behandeling die tientallen jaren later vaak in schildklierkanker resulteerde.

Luchtvervuiling

Ook de opvatting dat de term wiegedood eigenlijk niet op een specifiek ziektebeeld betrekking heeft maar gebruikt wordt als een handige verzamelnaam voor allerlei onver-

klaarbare doodsoorzaken, was betrekkelijk kortgeleden nog algemeen. Vanaf ongeveer 1960 kwam een groeiend aantal onderzoekers echter tot het inzicht dat het bij SIDS wel degelijk om één syndroom gaat. Een sterke aanwijzing is dat wiegedood over het algemeen op een bepaalde leeftijd toeslaat, namelijk tussen de tweede en derde maand. In de hoop duidelijk vast te kunnen stellen of het syndroom werkelijk bestaat en met het doel een onderzoeksprogramma op te stellen, werd in 1963 in Seattle de First International Conference on the Causes of Sudden Death in Infants gehouden.

Deze conferentie werd bijgewoond door kinderartsen, pathologen en epidemiologen uit de hele wereld. Er kwam een uitgebreide verzameling factoren aan bod, die iets met wiegedood te maken kunnen hebben. De artsen opperden mogelijkheden uiteenlopend van een allergische reactie op koemelk tot een immunologische deficiëntie, die zich steeds verder zou openbaren naarmate het kind meer van zijn eigen antilichamen afhankelijk werd dan van die van de moeder. Maar in wezen had niemand overtuigende bewijzen. Daarom bleven epidemiologen in vele richtingen zoeken naar

3. De thymus bevindt zich hoog in de borstholte, dicht onder de schildklier. Het orgaan is vooral belangrijk voor de ontwikkeling van het afweersysteem tot in de puberteit en neemt daarna sterk in grootte af.

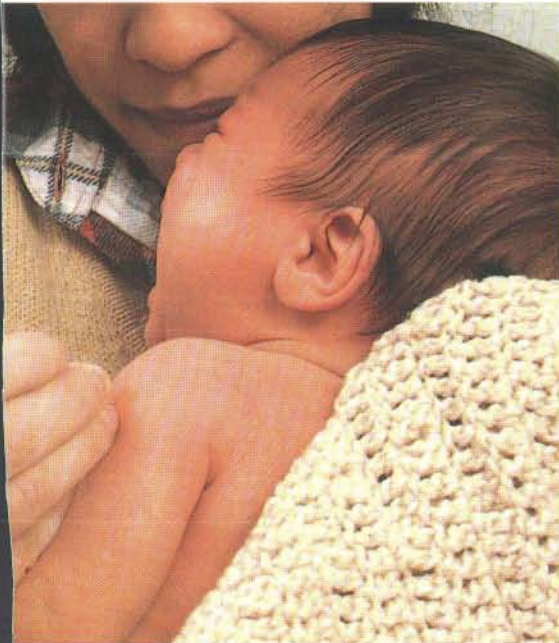
4 en 5. Naarstig zoekend naar oorzaken voor SIDS, kwamen artsen met allerlei hypothesen op de proppen, die achteraf niet houdbaar bleken. Zo zou volgens sommigen een allergie voor koemelk de boosdoener kunnen zijn, terwijl anderen veronderstelden dat de inenting tegen difterie, kinkhoest, tetanus en polio voor sommige kinderen gevaarlijk was.

4





5



factoren die een verband met wiegedood vertoonden en een mogelijk aanwijzing voor de oorzaak zouden kunnen geven. Vielen in de stad meer slachtoffers dan op het platteland? Waren ze vaker blank dan zwart? Kregen ze de fles of borstvoeding? Maakten ze bij de geboorte een ziekelijke indruk? Woonden ze in huizen waar met kolen in plaats van met olie gestookt werd?

Door deze studies ontstond gaandeweg een steeds gedetailleerder beeld van het typische SIDS-kind. Wiegedood leek vaker jongens te treffen dan meisjes, vaker zwarten dan blanken en vooral baby's uit lagere sociale milieus, tweelingen en te vroeg geboren kinderen. Bovendien kwam het 's winters vaker voor dan 's zomers en toen ze stierven was zeker de helft van de kinderen licht verkouden. De hele scala van door epidemiologen onderzochte milieufactoren, zoals luchtvervuiling of de difterie-kinkhoest-tetanus-polio-prik (waar sommige kinderen slecht op reageren), vertoonde echter geen enkel verband met het syndroom. Al met

al waren de wetenschappers die een tweede conferentie in 1969 bezochten nog niet veel verder gekomen.

Toch boekten de deelnemers aan de conferentie op verschillende fronten vooruitgang. Een arts verbonden aan de universiteit van Washington in Seattle, J. Bruce Beckwith, meldde dat op de thymus van veel wiegedood-baby's hele kleine bloeduitstortingen (of *petèchiae*) voorkwamen. Voor Beckwith betekende dit het eerste harde bewijs voor wat reeds lang vermoed werd: een afsluiting van de ademhalingsweg is bij wiegedood de rechtstreekse doodsoorzaak. Blijkbaar snakt het kind zo

juiste doodsoorzaak te bepalen. Met de bedoe-ling wiegedood als legitieme doodsoorzaak erkend te krijgen, stelden de deelnemers aan de tweede conferentie daarom een vaste definitie van het syndroom op: De plotselinge dood van een zuigeling of jong kind, die gezien de voor-geschiedenis onverwacht is en waarbij een uit-gebreid post-mortemonderzoek geen bevredi-gende doodsoorzaak oplevert.

Sindsdien vermeldten artsen bij lijkschou-wing al snel meer gevallen van wiegedood en verrichtten ze uitgebreidere autopsies. Nog steeds stuitte hun pogingen om verschillen te ontdekken tussen wiegedoodslachtoffers en andere kinderen op grote moeilijkheden, en dat is niet verwonderlijk. In de eerste plaats komt wiege-dood doorgaans thuis voor en sterven de baby's in hun slaap, zodat het exacte tijdstip van overlij-den zelden bekend is: het kan uren duren voor de ouders het lijkje ontdek-ken en een lijkschouwer het onderzoekt. Hoe lan-ger dit na het intreden van de dood gebeurt, des te meer zijn de weefsels door lichaamsenzymen aange-tast en des te moeilijker is het om de resultaten te in-terpreteren. Bovendien is het verrichten van sectie een hele kunst waarbij de verschillende lijkschou-wers verschillende technie-ken gebruiken en al naar gelang hun ervaring ande-

6. Tweelingen heb-ben een iets grotere kans slachtoffer te worden van wiege-dood dan kinderen die de baarmoeder voor zich alleen had-den, mogelijk omdat ze de bloedvoorzie-ning moeten delen. De tweelingzwang-erschap op deze echoscopie-opname is ongeveer twaalf weken oud.



6

naar adem dat de longen druk op de thymus uitoefenen en kleine bloedvaatjes springen. Sommige onderzoekers geloven nog steeds in deze theorie, die echter niet kan verklaren waarom de adem van het kind stopt.

De bijeengekomen artsen waren het erover eens dat uitgebreidere lijkschouwing van wiegedoodbaby's nodig was om hier meer over aan de weet te komen. Bij de pathologen bestond echter weerstand om wiegedood zelfs maar als doodsoorzaak te noemen. Zij vreesden dat collega's hen voor incompetent zouden uitmaken, omdat ze niet in staat waren de

re verschijnselen opmerken. Bij onderzoek ge-baseerd op autopsiegegevens afkomstig van di-verse bronnen, kunnen dit soort individuele verschillen de resultaten versluieren. Tot slot is er een controlegroep nodig om verschillen tus-sen wiegedoodbaby's en andere kinderen te kunnen bepalen. Het is echter vaak moeilijk om kinderen te vinden die aan andere oorza-ken overleden zijn, maar die dezelfde leeftijd en hetzelfde geslacht hebben als de betreffende SIDS-baby's. Tot voor kort wisten we boven-dien te weinig over de weefsels van normale, gezonde kinderen.

Doorbraak in de kinderkamer

In de jaren zeventig kwam er een doorbraak, die echter niet in het laboratorium van een patholoog, maar in een kinderkamer begon. In 1972 meldde de Amerikaanse kinderarts Alfred Steinschneider dat twee van zijn vijf patiëntjes met *apnoe* (spreek uit: a-pneu), een afwijking waarbij de ademhaling van tijd tot tijd ophoudt, aan wiegedood bezweken waren. Hij veronderstelde een verband tussen langdurige periodes van apnoe tijdens de slaap en wiegedood. Al snel werd echter duidelijk dat niet meer dan vijf procent van kinderen met apnoe

apnoe en wiegedood ging zoeken. Naeye stelde dat als SIDS-baby's in de maanden voor hun dood inderdaad last hadden van apnoe, het langdurig zuurstofgebrek in hun weefsels zichtbaar moest zijn. Hij verrichtte uitgebreide secties bij wiegedoodslachtoffers, waarbij hij bijzondere aandacht besteedde aan die weefsels die met het ontstaan van zuurstofgebrek te maken konden hebben. Zo keek hij naar de hersenstam, van waaruit de ademhaling gereguleerd wordt, en naar de chemoreceptoren in de halsslagaders, die het zuurstofgehalte van het bloed meten zodat de hersenstam de ademhalingsnelheid kan bijstellen. Ook bestudeer-



7

7. Te vroeg geboren kinderen worden met de grootst mogelijke zorg omringd, omdat zij de bescherming van de moederschoot nog niet kunnen missen. Hun risico aan SIDS te sterven is wat hoger dan dat van kinderen die 'op tijd' kwamen, maar waarom dat zo is is nog altijd niet bekend.

aan wiegedood overlijdt en dat verreweg de meeste SIDS-baby's nooit aan apnoe geleden hebben. Toch ging men door Steinschneiders theorie op grote schaal thuis apnoeverklikkers gebruiken. Deze elektronische apparaatjes worden met een riem aan de borstkas van het kind bevestigd en controleren de ademhaling en soms de polsslag. Als één van beide processen hapert, klinkt er een alarmsignaal.

Een aanvankelijk misschien minder opvallend, maar uiteindelijk belangrijk gevolg van Steinschneiders werk, was dat de patholoog Richard L. Naeye naar een verband tussen

de Naeye de weefsels die het gevoeligst zijn voor zuurstoftekort en daar dus het meest van te lijden zullen hebben, zoals de hersenen, de longblaasjes, de lever en de bijniere met het omringende bruine vet. Tussen 1973 en 1976 vond Naeye bij wiegedoodkinderen in alle zeven onderzochte weefsels tekenen van langdurig zuurstoftekort.

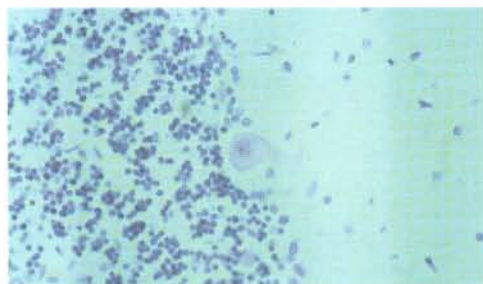
Vervolgstudies, waarin geprobeerd werd dit onderzoek te herhalen, leverden onduidelijke resultaten op, misschien omdat Naeye zijn weefselmonsters analyseerde met geavanceerde laboratoriumtechnieken waar niet alle lijk-

schouwers over kunnen beschikken. Niettemin vonden verschillende onderzoekers dat de weefsels van wiegedoodkinderen duidelijke veranderingen van structuur en functie te zien gaven op tenminste drie plaatsen die Naeye eerder bekeek, en wel in de hersenstam, het bruine vet en de lever. De vraag wat de oorzaak van dit chronisch zuurstofgebrek kon zijn, als wiegedood-baby's doorgaans niet aan apnoe lijden, bleef echter onopgelost.

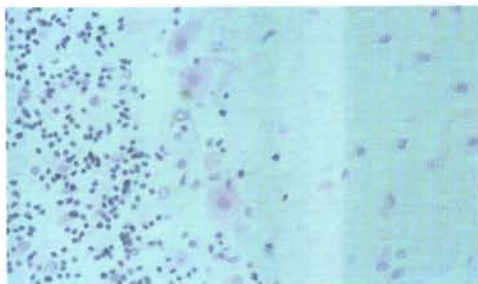
De aard van de weefselveranderingen in wiegedoodkinderen geeft aan dat het zuurstofgebrek al geruime tijd voor hun dood moet zijn begonnen, zelfs al worden de meeste slachtof-



8



9



10

fers niet ouder dan zes maanden. Deze bevinding — en het feit dat epidemiologen al tientallen jaren vruchteloos hadden gezocht naar factoren in het leven van pasgeborenen die met wiegedood te maken konden hebben — overtuigde onderzoekers in de jaren tachtig ervan dat ze uitgebreider naar de periode vóór de geboorte moesten kijken. Er waren aanwijzingen dat embryo's die in de baarmoeder aan bepaalde nadelige invloeden werden blootgesteld, bijvoorbeeld wanneer de moeder rookte, een grotere kans hadden een plotselinge wiegedood te sterven. Was wiegedood misschien het gevolg van gebeurtenissen die de zuurstofvoorziening van het ongeboren kind verstoorde?

Als dat zo was, dan zou het embryo waarschijnlijk langzamer groeien en zou het wiegedoodkind bij de geboorte relatief klein moeten zijn. In 1987 keken medewerkers van de universiteit in Buffalo naar het gewicht, de lengte en de omtrek van het hoofd die 148 SIDS-baby's uit de staat New York bij hun geboorte hadden. De baby's bleken in vergelijking tot

8. SIDS-baby's blijken gemiddeld een geringere hoofdomvang te hebben en wat kleiner te zijn dan gezonde zuigelingen.

9 en 10. Op deze coupes van stukjes kleine hersenen is het effect van zuurstoftekort goed te zien. Afbeelding 9 laat de normale situatie zien met in het midden een grote, druppelvormige purkinjcel. Purkinjcellen beschadigen snel bij gebrek aan zuurstof (10). De kernen verschrompelen dan, waardoor er minder structuur in te zien is en de cellen kleuren sterker bij preparatie.

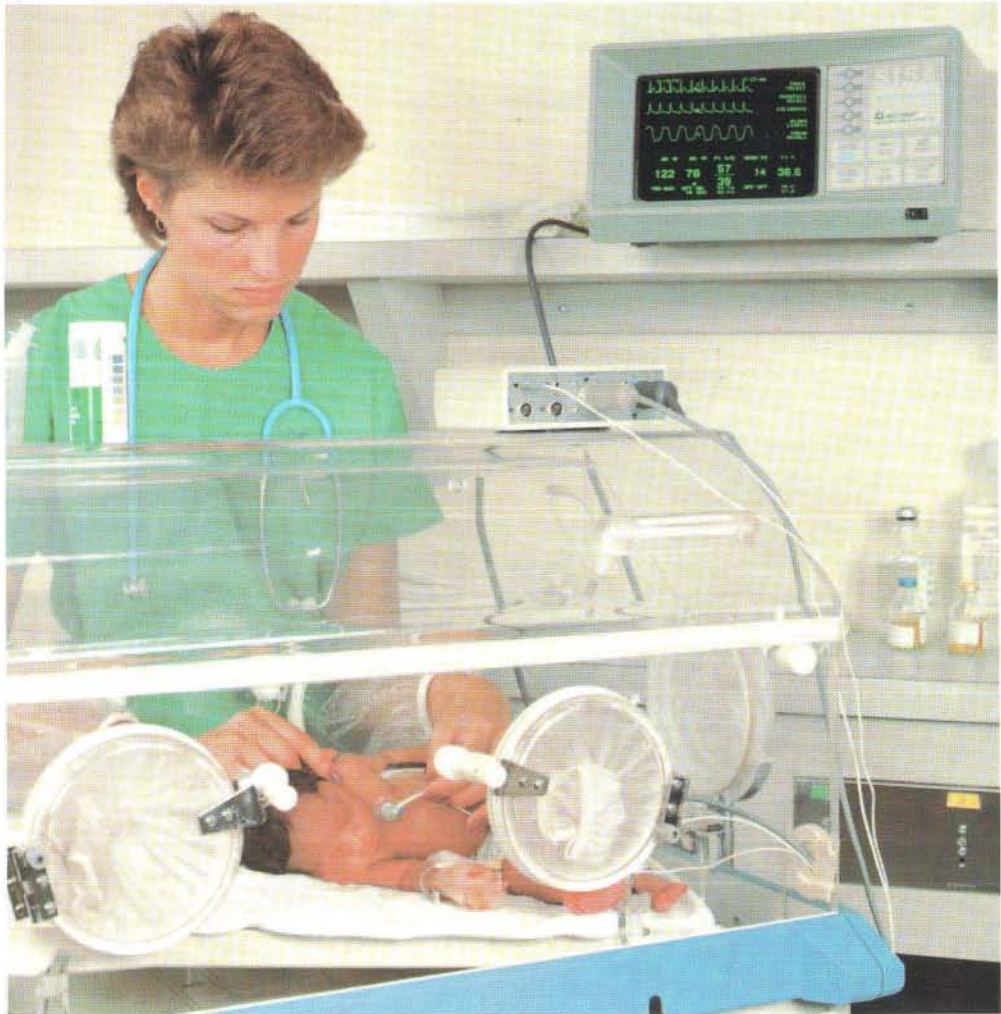
11. De apnoeverklikker is tegenwoordig vervangen door een kindermontitor, die gelijktijdig hartslag en ademhaling controleert en bij een ritmestoring alarm slaat. Er bestaat ook een versie van het apparaat die thuis gebruikt kan worden, voor kinderen die bijvoorbeeld nog net van wiegedood zijn gered, maar niet in een ziekenhuis hoeven te blijven.

kinderen die hun eerste levensjaar goed waren doorgelopen, inderdaad kleiner bij hun geboorte. Hun kortere lengte doet vermoeden dat de oorzaak van de groeiachterstand moet worden gezocht in het eerste halfjaar van de zwangerschap, aangezien de lengtegroei vooral dan plaatsvindt. In de laatste maanden neemt het embryo niet zozeer in lengte als wel in gewicht toe.

Vervolgens richtte het onderzoek zich op tien prenatale factoren die de bloed- en zuurstofvoorziening van het embryo kunnen verminderen. Verschillende hiervan bleken inderdaad risicofactoren voor het optreden van wie-

gedood. Bloedarmoede en bloedverlies tijdens de zwangerschap en *placenta previa*, een aandoening waarbij de placenta te laag in de baarmoeder is ingeplant, houden een risico in. Datzelfde geldt voor een tweeling-zwangerschap, als de beide embryo's de placenta delen, waardoor ze minder bloed krijgen, en voor een tijdsverloop van minder dan één jaar tussen opeenvolgende zwangerschappen, omdat het *endometrium*, het slijmvlies dat de binnenwand van de baarmoeder bekleedt en waaruit de placenta zich zal ontwikkelen, een jaar nodig heeft om zich te herstellen. Richard Naeye en ook anderen constateerden bovendien een

11



verband tussen wiegedood en roken of gebruik van verslavende middelen door de moeder tijdens de zwangerschap.

Vooroordeel

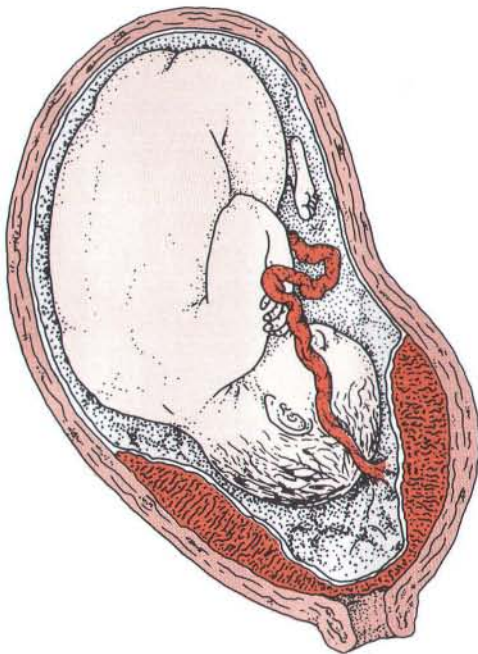
Weer is het mogelijk geworden een theorie op te stellen over een reeks gebeurtenissen die misschien tot wiegedood kunnen leiden. Misschien begint het syndroom met een afwijking aan het begin van de zwangerschap, zoals placenta previa, die de bloedsomloop van het embryo nadelig beïnvloedt en daardoor de zuurstofvoorziening van de hersenen verstoort. Dit veroorzaakt mogelijk een subtiele beschadiging van de hersenstam, zodat deze de ademhaling niet meer goed kan reguleren en ook de overige weefsels van het ongeboren kind te weinig zuurstof krijgen. Bijna-SIDS-kinderen, die al blauw aanliepen maar op het nippertje

door hun ouders konden worden bijgebracht, zijn in slaapexperimenten nauwkeurig onderzocht. De proeven hebben uitgewezen dat als deze kinderen tijdens hun slaap te weinig zuurstof krijgen, de normale signalen van de hersenen om wakker te worden of de ademhaling te stimuleren uitblijven. Dit regulatieprobleem kan maandenlang onopgemerkt blijven. En dan op een dag, als het kind misschien een beetje verkouden is, wat bij de meeste kinderen helemaal niet erg is, raakt de luchtweg verstopt, de hersenstam reageert niet goed en de ademhaling stopt.

Het zal nog wel even duren voor we weten of wiegedood werkelijk zo ontstaat. Gelukkig werkt men hard aan de ontwikkeling van methoden om te bepalen welke kinderen het meest gevaar lopen. Een aantal Scandinavische systemen, die met scorelijsten werken en gebaseerd zijn op factoren die uiteenlopen van het geboortegewicht van het kind tot de sociaal-economische status van de moeder en haar medische voorgeschiedenis, kunnen met vrij grote zekerheid voorspellen welke kinderen niet zullen overleven, maar kunnen veel minder goed voorspellen welke kinderen precies door wiegedood zullen worden getroffen. Zo vormt een laag geboortegewicht een tamelijk betrouwbare indicatie voor kindersterfte in het algemeen maar niet specifiek voor wiegedood.

Een student medicijnen stelde in april 1987 een veelbelovende techniek voor om kinderen met een hoog risico voor wiegedood op te sporen. In een verslag in het *New England Journal of Medicine* rapporteerden Gary G. Giulian en zijn hoogleraren dat het bloed van wiegedood-baby's bij lijkshouwing een abnormaal hoog gehalte aan foetaal hemoglobine blijkt te bezitten. Foetaal hemoglobine is een jeugdvorm van het eiwit in de rode bloedlichaampjes dat zuurstof naar de weefsels vervoert. Alle kinderen worden met foetaal hemoglobine geboren, maar dit wordt gewoonlijk in de eerste zes levensmaanden door 'volwassen' hemoglobine vervangen. Klaarblijkelijk is dit proces bij wiegedoodkinderen vertraagd. Als herhaling van Giulians onderzoek hetzelfde resultaat oplevert, dan zou het gehalte aan foetaal hemoglobine misschien niet alleen bij autopsie als indicator voor wiegedood gebruikt kunnen worden, maar ook bij levende kinderen.

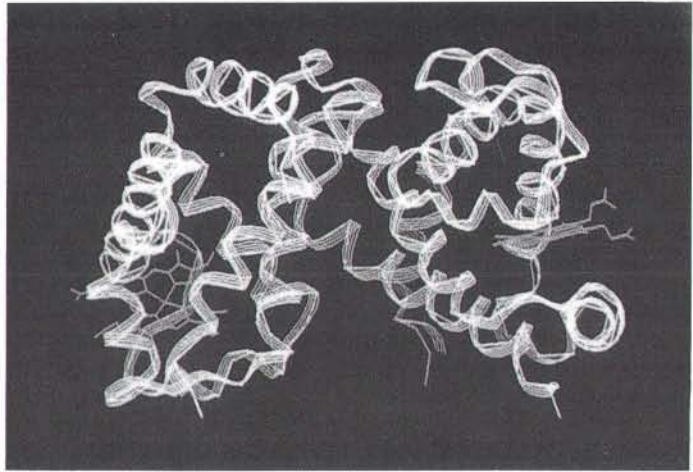
Natuurlijk is preventie het uiteindelijke doel van alle onderzoek naar wiegedood. Histo-



12

12. Bij *placenta praevia* is de placenta te laag in de baarmoeder ingeplant, waardoor de zuurstofvoorziening van de foetus in gevaar kan komen.

13. Foetaal hemoglobine is een jeurdvorm van het eiwit dat zorg draagt voor het zuurstoftransport in ons bloed. Het is gewoonlijk bij kinderen van een half jaar oud geheel vervangen door 'volwassen' hemoglobine, dat iets andere aminozuurketens heeft. Bij wiegedoodbaby's blijkt het gehalte foetaal hemoglobine abnormaal hoog te zijn.



13

risch gezien zijn pogingen om wiegedood te voorkomen bemoeilijkt door het vooroordeel dat de slachtoffertjes bij hun geboorte in wezen gezond waren maar tijdens hun verzorging op een of andere manier werden blootgesteld aan iets wat ze tenslotte noodlottig werd. Men dacht dat als moeders ertoe gebracht konden worden hun kinderen niet meer bij zich in bed te nemen of de ademhaling van hun kind met een apnoeverklapper te controleren, wiegedood overwonnen zou kunnen worden. In feite bestaan er echter geen overtuigende bewijzen dat zulke maatregelen wiegedood inderdaad kunnen helpen voorkomen. Voor zover na te gaan, is het percentage wiegedoodgevallen in hoogontwikkelde landen nu ongeveer hetzelfde als in de voorafgaande jaren. Desondanks is het toch mogelijk bepaalde voorzorgen tegen wiegedood te nemen. Hoewel veel prenatale factoren die een risico voor het kind betekenen niet voorkomen kunnen worden, kan een aantal hiervan al vroeg in de zwangerschap ontdekt worden. Deze factoren kunnen dan zo onder controle gehouden worden dat ze het ontwikkelende embryo minimaal belasten. Een moeder met placenta previa kan bijvoorbeeld de raad krijgen zo weinig mogelijk te staan en diepe penetratie tijdens de coïtus te vermijden, om de placenta te beschermen en de bloedvoorziening van het embryo niet te verstoren. Bij een tweelingzwangerschap kan de vrouw regelmatig op bloedarmoede worden gecontroleerd, zodat bij optreden hiervan een

onmiddellijke behandeling mogelijk is. Als de preventieve zorg al vroeg in de zwangerschap begint en tijdens de hele draagtijd wordt volgehouden, kan dit de tragische dood van jonge kinderen helpen voorkomen.

Dit artikel is eerder gepubliceerd in het juli/augustusnummer 1988 van The Sciences, een uitgave van de New York Academy of Sciences. Het werd voor ons vertaald door mw drs A. Veerman uit Amsterdam.

De vereniging van ouders van wiegedoodkinderen is tussen 14 en 15 uur en tussen 20 en 21 uur te bereiken op telefoonnummer: 033-751487.

Literatuur

- Geudeke M, Jonge GA de, Spreeuwenberg C, red. Wiegedood. Utrecht: Wetenschappelijke uitgeverij Bunge, 1989, 2de editie.
Naeve RL. Sudden Infant Death. Scientific American 1980; 242: 4, 52-58.

Bronvermelding illustraties

- Transworld Features Holland b.v., Haarlem: pag. 790-791 en 2
Taeke Henstra Gkf, Haarlem: 4, 5 en 8
H. Hoogland, afdeling Gynaecologie, Academisch Ziekenhuis, RL, Maastricht: 6
Hewlett-Packard Nederland b.v., Amstelveen: 7
A. Tiebosch, vakgroepen Anatomie en Pathologie, RL, Maastricht: 9 en 10
Laméris Instrumenten b.v., Utrecht: 11
CAOS/CAMM Center, KUN, Nijmegen: 13

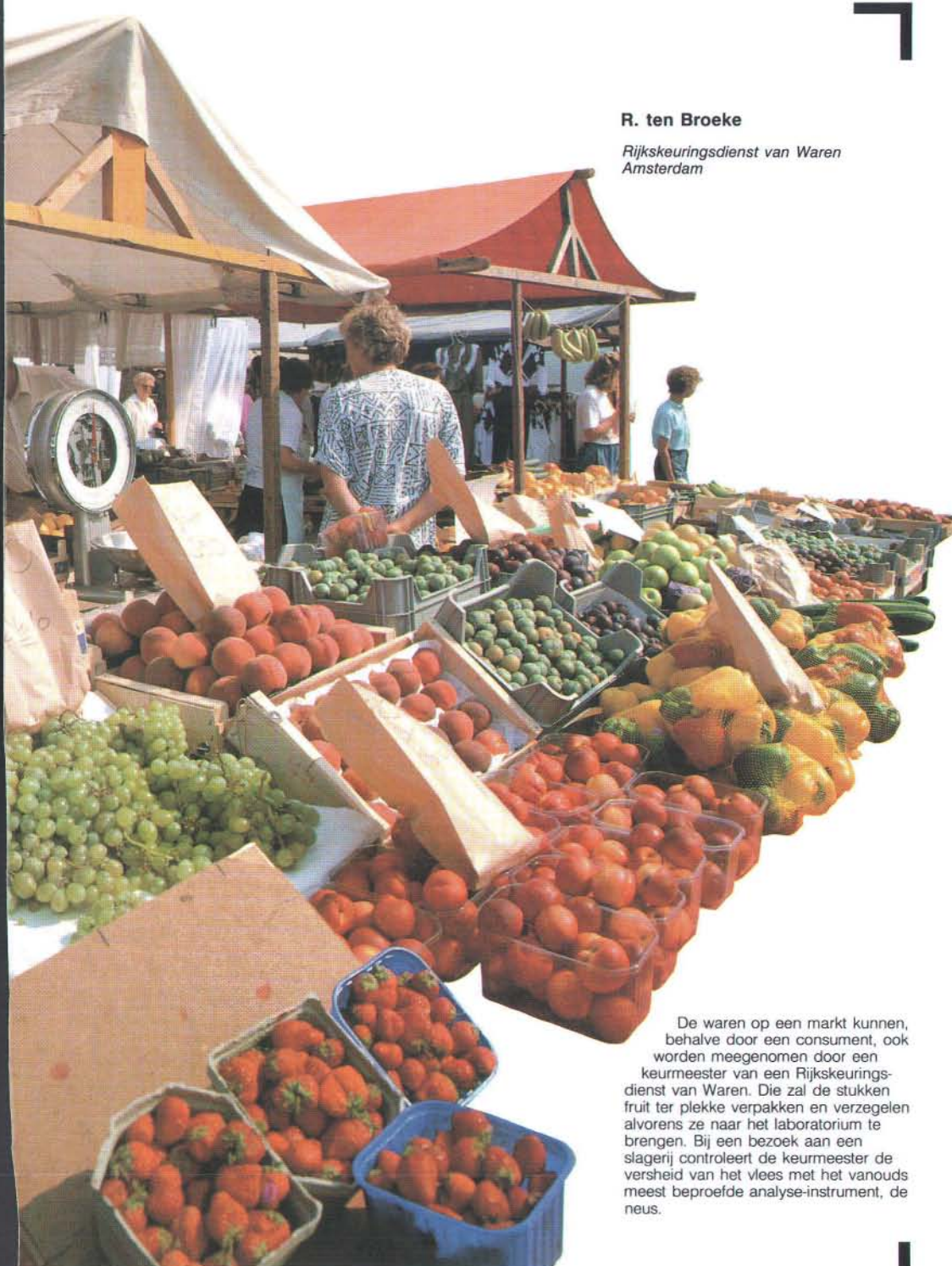
GEEN KNOLLEN VOOR CITROENEN

De consument wenst waar voor zijn geld en wil van die waar zeker niet ziek worden. Van veel levensmiddelen en gebruiksartikelen ligt daarom wettelijk vast wat er wel of niet in mag zitten. Toch kan het voor anderen zeer lucratief zijn deze voorschriften te ontduiken, terwijl waren – ook zonder dat er opzet in het spel is – niet altijd aan de eisen voldoen. In Nederland en België staan keuringsdiensten voor de taak zulke misstanden op te sporen en de

HET KEUREN VAN WAREN



vervalsers of vervuilers te bekeuren. Hierbij zien zij zich gesteund door de modernste analyseapparatuur.



R. ten Broeke

*Rijkskeuringsdienst van Waren
Amsterdam*

De waren op een markt kunnen, behalve door een consument, ook worden meegenomen door een keurmeester van een Rijkskeuringsdienst van Waren. Die zal de stukken fruit ter plekke verpakken en verzegelen alvorens ze naar het laboratorium te brengen. Bij een bezoek aan een slagerij controleert de keurmeester de versheid van het vlees met het vanouds meest beproefde analyse-instrument, de neus.

Eerlijkheid in de handel van levensmiddelen is soms ver te zoeken. Pogingen tot het slijten van goederen die andere bestanddelen bevatten dan de verpakking vermeldt, zijn van alle tijden. Een hedendaagse aanprijzing als 'volgens traditioneel recept bereid' wordt haast verdacht in het licht van 19de eeuwse praktijken. Deze schijnen wel heel bar en boos geweest te zijn: "De melk wordt zelden in haren natuurlijke toestand verkocht, en of van een gedeelte der room beroofd, of met water vermengd. (...) De bieren zijn aan onderscheidene vervalschingen blootgesteld en bevatten soms pikrinezuur." In het licht van deze toestanden is het alleszins begrijpelijk dat de overheid toen besloot om een systematische controle van levensmiddelen uit te gaan voeren.

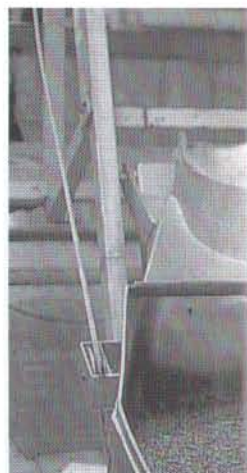
Amandelen van bonenspijs

In Nederland houden sindsdien de Keuringsdiensten van Waren toezicht op de eerlijkheid van handel in eet- en drinkwaren. Daarnaast zien zij erop toe dat levensmiddelen op een hygiënische wijze worden geproduceerd en dat deze geen ongezonde bestanddelen bevatten. Mogelijke dragers van het stempel 'on gezond' zijn de *additieven*, die kleur, houdbaarheid of smaak van het levensmiddel bevorderen, de bij land- en tuinbouw gebruikte *gewasbeschermingsmiddelen*, sommige *bacteriën* en *schimmels* en de *contaminanten*. Dit zijn vervuilingen die vanuit het milieu of bij de bereiding in het voedsel terechtkomen. Voorts gaan keuringsdiensten na welke risico's kleven aan het gebruik van allerlei gebruiksgoederen als trappen, verven, cosmetica of speelgoed. We zul-

1. Een combinatie van de conserveermiddelen sorbine- en bezozuur gaat het snelle bederf van Hollandse garnalen tegen.

2. Met zogenaamde ordonnantiën als dit artikel uit het Handvest van Amsterdam stelde men in de 17de eeuw de vernijding van dure specerijen strafbaar.

3. Op een etiket moeten alle ingrediënten worden vermeld.



1

len ons echter beperken tot de problemen die een keuringsdienst tegenkomt bij het toezicht op levensmiddelen.

Normaliter doet een Keuringsdienst van Waren onderzoek volgens een bepaald schema, maar men trekt er ook op uit na klachten van een consument. Keurmeesters controleren in winkel-, horeca- en levensmiddelenbedrijven, nemen eventueel monsters en zenden deze voor onderzoek naar het laboratorium. Mocht de leverancier of restauranthouder in overtreding zijn, dan kan de dienst een procesverbaal tegen hem of haar opmaken.

Dat ook tegenwoordig zo'n controle niet overbodig is, blijkt wel uit de jaarverslagen van de Keuringsdiensten van Waren. Nog steeds verkopen sommige banketbakkers room-

2

Van Valsche Waaren.

H. Fal. 167.
A. 16. 30
14 Januarij.

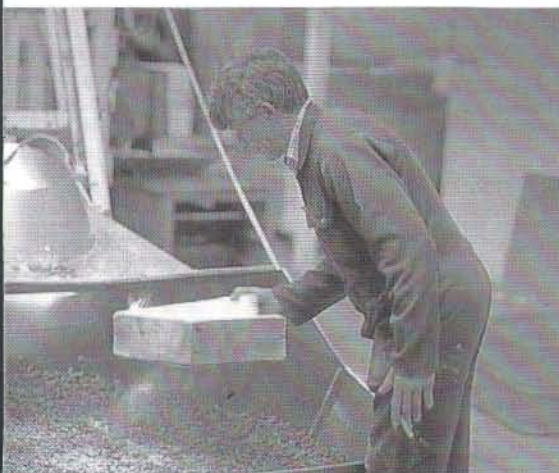
Valsche Vaf-
fien inde
Stad niet te
mogen be-
schen.

Also men bebind / dat vele frauden / vals-
heid ende bedrog geschied in de Saffraen /
dooz dat quade specie geen Saffraen sin-
de onder goede gemengt word / waer dooz een op-
regt koop-man nietten vervalscher gerne gelijcke
markt en kan gehouden / ende alle menschen
in 't gebuyck van de selve Saffraen bedrogen
worden / opdonneren ende statueren daer-omme
nijne voorsz. Heeren / dat niemant / en so In-
tuoonder ofte Wt-hermfene / alfulcke vervalsche-
te Saffraen binnen deser Stede ende jurisdictie
van dien sal mogen bringen / op pene van de
selve Saffraen te verbeiden.

Die niet te
moegen koop-

Item / en sal oock niemant / wie hy so / al-
fulcke vervalschte Saffraen mogen koop- / ver-

Stede onder de goede wt-smalende rickende
Soelic ofte Macis / wassende op de Noten- Mus-
caet boomen in de Eplanden van Banda / by
eenige eygen-bart forchende prifouren siet bedrie-
gelijck vermencht ende vooz oprechte Soelic ver-
hocht wert / en dat dooz sulcke vervalschinghe de
koopers van sodanig wild gewis ende daer on-
der geuenghe Soelic niet allen grootelijc ge-
fraubret / maer oock de oprechte Soelic of Ma-
cis van de Oost-indische Compagnie / en conse-
quentelijc den handel van dese Stad daer een
dependerende / in merckelijcke discreputatie gebayt
soude werden / inden daer jegens niet tijdelijck
voorsz. werde / SOO IS 'T, dat mijne voorsz.
noodige Heeren / om de voorsz. frauden ende in-
conuenienten vooz te komen / verboden ende ge-
interdicere hebben / verbieden ende interdicere



boteramandelstaven die bereid zijn met margarine en witte bonenspijs in plaats van met de beloofde ingrediënten. Ook Belgische instanties, zoals bijvoorbeeld het Interkommunaal Laboratorium voor Scheikunde en Bakteriologie te Brussel, stuiten meer dan eens op vervalste etenswaren. En wat betreft ongezonde stoffen in onze levensmiddelen toont een greep voorbeelden, dat controle hierop eveneens broodnodig blijft: dioxine in melk, bedorven rijstebrei in Franse bejaardentehuizen, en, al wat gedateerd maar met zulke desastreuze gevolgen, de besmette garnalencocktails in Nederland, de Oostenrijkse antivrieswijnen en de ziekteverwekkende olijfolie in Spanje.

Het kwaad van de vervalsingen en de gevaren van ziekmakend, besmet voedsel lijken even actueel als vroeger. Wat stelt de Keuringsdienst van Waren daar tegenover?

Etiket en warenwet

De monsters die bij de laboratoria van de keuringsdiensten binnenkomen, worden op verschillende kenmerken onderzocht. De analisten controleren van eet- en drinkwaren voornamelijk de samenstelling. Bij dit werk laten de medewerkers van de keuringsdiensten zich leiden door wettelijke richtlijnen.

In Nederland vormt de *Warenwet* de basis voor de regelgeving van eet- en drinkwaren. België heeft de levensmiddelencontrole gestructureerd met de *Wet betreffende de Be-*

scherming van de Gezondheid van de Verbruiker op het stuk van de Voedingsmiddelen en andere Produkten.

Opdat de consument kan nagaan wat hij of zij koopt en eet, kennen de EEG-landen een verplichte *ingrediëntendeclaratie*. Een eerste beoordeling, zeker van voorverpakte waar, begint daarom bij de etikettering. De keuringsdiensten controleren of de samenstelling klopt met wat op het etiket staat. Van veel eet- en drinkwaren ligt de samenstelling, samen met de benaming, wettelijk vast. Zo moet bijvoorbeeld sinaasappelsap voor 100% uit zuiver sap bestaan en een sinaasappeldrank voor 50%, terwijl sinaasappellimonade maar 10% sap hoeft te bevatten. Het onderzoek naar de samenstelling van zulke waren richt zich daar-



3

mee op de hoeveelheden voedzame en dure bestanddelen. Weliswaar bepaalt de schaarste niet altijd meer de kostprijs van voedzame produkten, zoals bijvoorbeeld bij melkvet of alcohol, maar doet de accijns dat.

De aanwezigheid van additieven, zoals conserveermiddelen, kleurstoffen, anti-oxydanten en emulgatoren, moet eveneens op het etiket staan. Bepaalde additieven mogen alleen in sommige levensmiddelen voorkomen en dan nog vaak in beperkte mate. Daarnaast is het gebruik van enkele stoffen helemaal verboden vanwege hun kwalijke eigenschappen.

In de wet en op het etiket staat dus welke ingrediënten een levensmiddel *moet* bevatten. Ten aanzien van stoffen die *niet* in ons voedsel mogen zitten, heeft men echter ook richtlijnen opgesteld. Bijgevolg richt het onderzoek van een keuringsdienst zich ook daar op.

Controle op histamine



4

4 t/m 9. Histamine, een stof die een rol speelt in het oproepen van allergische reacties, komt in licht bedorven vis in verhoogde concentratie voor ten gevolge van bacteriële afbraak van het aminozuur histidine. Van de binnengebrachte monsters vis (4) wordt het eetbare gedeelte gehomogeniseerd (5, 6) en, na toevoeging van trichloorazijnzuur, gecentrifugeerd (7). De bovenlaag met het azijnzuur en de daarin opgeloste histamine wordt gefilterd en vervolgens met dunnelaag chromatografie in componenten gescheiden (8). Kleuring met ninhydrine maakt histamine en aminozuren zichtbaar (9). Rechts op de plaat zitten de histaminestandaarden in oplopende concentratie: 50, 50, 100, 250 en 500 ppm. Links: 10 verschillende monsters vis waarvan enkele 100 tot 250 ppm histamine bevatten, terwijl een gehalte van 100 ppm wordt geaccepteerd. Anders dan hier is afgebeeld, controleert men ingeblikte vis met een andere screeningsmethode en volautomatisch.



5



7

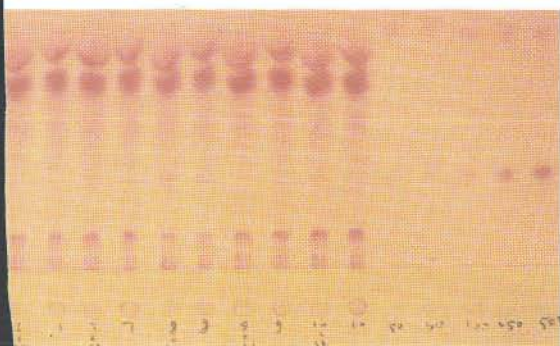


6



8

Residuen: van ppm tot ppb



9

Boeren en tuinders beschermen hun gewassen tegen insecten, draadwormen, schimmels en onkruiden met vergiften die ook voor mensen schadelijk kunnen zijn. Van deze gewasbeschermingsmiddelen, die men meestal 'bestrijdingsmiddelen' noemt, blijven in veel gevallen residuen op groente en fruit achter. Daarom wordt op grond van toxicologisch onderzoek van ieder bestrijdingsmiddel het toegelaten maximale residu, de *residutolerantie*, vastgesteld. Hoe giftiger het middel is voor mensen, des te minder mag er uiteraard in ons voedsel voorkomen. Het voor de sierteelt toegestane middel abamectine mag bijvoorbeeld bij de fruitteelt niet gebruikt worden. Onlangs heeft men dit gif echter toch op komkommers aangetroffen. Residutoleranties hebben betrekking op schadelijke stoffen waar de gewassen direct mee in aanraking komen en worden altijd uitgedrukt in mg.kg^{-1} levensmiddel, ofwel in parts per million, *ppm*.

Indien de gewasbeschermingsmiddelen niet of nauwelijks in de natuur worden afgebroken, dat wil zeggen *persistent* zijn, kunnen ze ook langs een omweg in ons voedselpakket terecht komen. Sinds de Tweede Wereldoorlog zijn bestrijdingsmiddelen op basis van gechloreerde koolwaterstoffen op enorme schaal in de wereld toegepast. Het bleek echter dat zulke stoffen, waarvan DDT en dieldrin de bekendste zijn, door vetweefsels van organismen worden vastgehouden wanneer deze verbindingen via water, lucht of voedsel zijn opgenomen. In organismen die aan het einde van een voedselketen zitten, zoals mensen, stootvogels of zeehonden, kunnen deze stoffen zich ophopen tot levensbedreigende concentraties. Om deze reden heeft men inmiddels het gebruik van DDT en dieldrin verboden. Milieuvreemde stoffen als DDT heten in de mond van onderzoekers van de Keuringsdienst van Waren *milieucontaminanten*.

Andere milieucontaminanten zijn polychloorbifenylen (PCB's), die door hun persistentie en vetoplosbaarheid dezelfde soort problemen geven als DDT. Deze stoffen zitten onder andere in transformatoren. Zodra deze niet meer hermetisch van de buitenwereld zijn afgesloten, kunnen ze PCB's lekken. Verkeer en industrie belagen ons verder met, bijvoorbeeld, zware metalen als lood, kwik en cadmi-

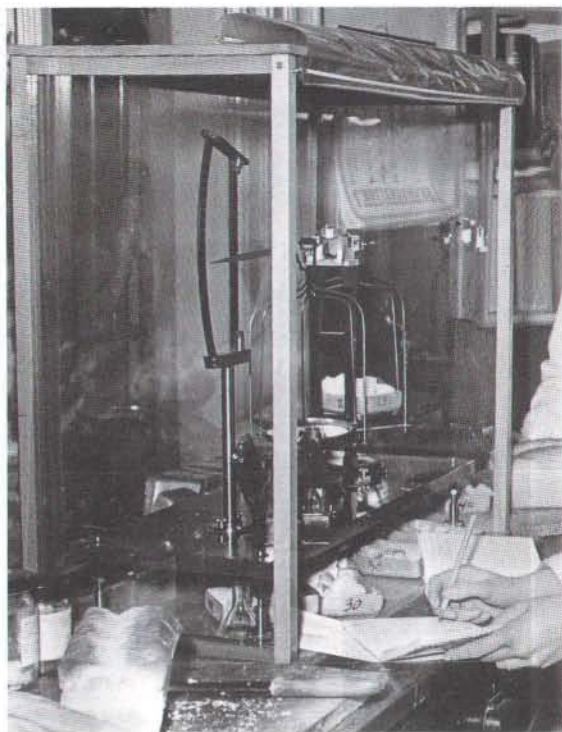
um en met de in rookgassen voorkomende polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's), waarvan benzo-a-pyreen de beruchtste is. Bij milieucontaminanten praten de onderzoekers van een Keuringsdienst van Waren meestal over gehalten uitgedrukt in $\mu\text{g.kg}^{-1}$, ofwel *ppb*, parts per billion, hetgeen weer een factor 1000 lager is dan bij residuen van bestrijdingsmiddelen.

Verhitte vetten en ziektekiemen

Contaminanten komen niet alleen door gewasbestrijding en via het milieu in ons voedsel, maar ook tengevolge van sommige productieprocessen en bereidingswijzen. Op traditionele wijze gerookte levensmiddelen en bij barbecue-partijtjes geroosterde waren kunnen een bijdrage leveren aan de opname van het eerdergenoemde benzo-a-pyreen. Deze stof hecht zich doorgaans aan de roet die zich op de bereide waren afzet.

Ook aan de consumptie van gefrituurd voedsel, zoals frites en bitterballen, kleven nadelen. Een consument die veel van zulk voedsel eet, krijgt niet alleen een overmaat aan vet binnen, maar loopt tevens het risico op een andere wijze zijn gezondheid geweld aan te doen. Bij proeven met ratten is gebleken dat de opname van overmatig verhit frituurvet leidt tot groeivertraging en verstoring van de leverfuncties. Indien frituurvet te lang wordt gebruikt of te hoog verhit is geweest, kunnen door hydrolyse en oxydatie van de vetten verschillende schadelijke afbraakprodukten ontstaan. Een indicatie voor de eventuele ondeugdelijkheid van een frituurvet wordt gegeven door het gehalte aan di- en polymere triglyceriden. Dat controle nodig is blijkt uit de cijfers. In 1988 waren van 678 door de Rijkskeuringsdienst van Waren Amsterdam onderzochte frituurvetten en -oliën er 170 afwijkend. Het Interkommunaal Laboratorium te Brussel vond bij friteskramen een ongeveer gelijk percentage afwijkingen.

Terwijl sommige bereidingswijzen de vorming van zeer schadelijke bijprodukten met zich meebrengen, bedreigen woekerende schimmels en andere micro-organismen de kwaliteit van ons voedsel. Giften van schimmels, zoals het aflatoxine dat in pinda's kan voorkomen na besmetting met *Aspergillus flavus*, zijn pas de laatste dertig jaar in de belangstelling geko-



10

men. Vroeger dacht men dat beschimmeld voedsel, hoewel het vies smaakte, geen gevaar voor de volksgezondheid opleverde. Daar is men echter van terug gekomen.

Salmonellabacteriën zijn berucht als verwekkers van voedselinfecties en voedselvergiftigingen. Andere boosdoeners zijn bacteriën van de soort *Staphylococcus aureus*. Als deze bacteriën zich op grote schaal in voedsel vermenigvuldigen, bestaat er kans op de vorming van het staphylococcen-enterotoxine. Doordat dit toxine vrij thermostabiel is, kan bij consumptie van besmet voedsel, ook wanneer het verhit is geweest, een dramatische voedselvergiftiging optreden. In de Warenwet staat dan ook: "pathogene micro-organismen en hun toxinen moeten afwezig zijn."

Precies bewijs

We weten nu waar de keuringsdiensten zoal op letten, maar hoe gaat het in een laboratorium toe, wanneer de verzegelde monsters op de onderzoekstafel belanden?



10, 11. Sommige klassieke analysemethoden zijn nog steeds onmisbaar. Dat er teveel water bij de broodbereiding is gebruikt, achterhaalt men door enkele sneetjes brood te wegen, te drogen en weer te wegen.



11

Het onderzoek naar residuen en contaminanten zou zonder de moderne, zeer gevoelige instrumentele technieken niet mogelijk zijn. Onderzoekers van de keuringsdiensten werken hierbij immers op ppm en ppb-niveau, wat betekent dat het monstermateriaal tot een miljard maal zoveel stoffen bevat als de stof die men wil aantonen. Er zijn gelukkig methoden en apparaten ontwikkeld die dit bereik hebben. Gewoonlijk gebruikt men voor de analyse van een monster slechts één tot enkele milligrammen. Daaruit volgt dat van de te analyseren stof een hoeveelheid waargenomen kan worden die in de orde ligt van nano- of zelfs picogrammen (10^{-9} tot 10^{-12} g).

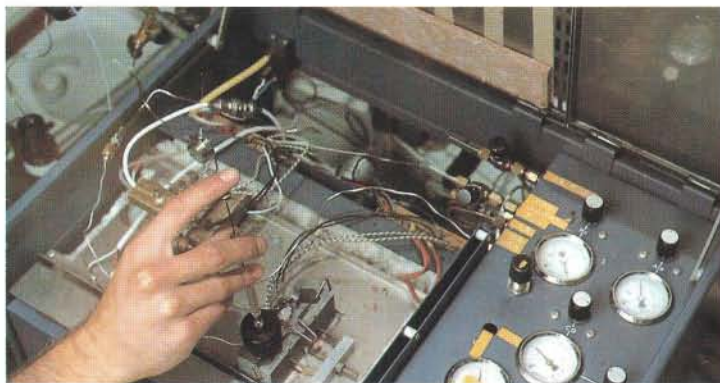
Ondanks het gebruik van zeer gevoelige analyseapparatuur houdt een keuringsdienst er altijd rekening mee, dat één onderzoeksresultaat, dat bijvoorbeeld met een gaschromatograaf is verkregen, niet alles zegt. Het constateren van een overtreding van een wettelijke eis kan immers leiden tot een proces-verbaal en strafvervolgning van degene die de waar fabriceert of levert. Het bewijs van de overtreding moet dan ook onomstotelijk zijn geleverd. De analyse van een verdacht monster wordt daarom onafhankelijk door een andere analist nog eens uitgevoerd en het resultaat moet daarnaast met een andere methode, bijvoorbeeld massaspectrometrie, worden bevestigd.

Gaschromatografie en massaspectrometrie

Gaschromatografie ofwel GLC is een vorm van verdelingschromatografie. Scheiding van een mengsel in zijn componenten vindt plaats door het mengsel in een gasfase te leiden langs een vloeistoffase. In de technische uitvoering bevindt de vloeistoffase zich op een drager in een glazen kolom, die is opgehangen in een oven waarin de temperatuur snel en nauwkeurig op een bepaalde waarde kan worden gebracht en gehandhaafd.

Als vloeistoffase gebruikt men vaak niet-vluchtige, thermostabiele polysiloxanen. Bij zogenaamde *gepakte kolommen* is de vloeistoffase aangebracht op een fijnkorrelige, inerte stof en bij *capillaire kolommen* in een zeer dunne film op de binnenwand van de kolom. Capillaire kolommen kunnen veel langer zijn dan gepakte kolommen en geven een veel betere scheiding. Tegenwoordig worden zij van synthetisch zuiver kwarts, 'fused silica', gemaakt.

Een mengsel dat met het gas wordt aangevoerd, wordt in zijn componenten gescheiden doordat deze zich verschillend over de twee fasen zullen verdelen: sommige componenten van het mengsel lossen, vergeleken met andere, beter op in het vloeibare oplosmiddel dan in het gas en komen daarom later met het dragergas uit de kolom dan de andere componenten. De gescheiden componenten worden door een detector 'zichtbaar' gemaakt en als pieken in het *gaschromatogram* geprint. De pieken in een gaschromatogram identificeert men aan de hand van



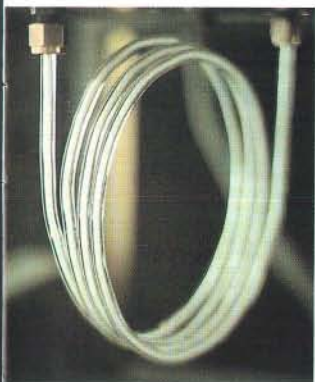
1-1

de *retentietijd*, dat wil zeggen de tijd die ligt tussen het moment van insputting en het moment dat de verbinding wordt gedetecteerd. Deze tijd is voor elke verbinding constant, mits de scheiding altijd onder precies dezelfde omstandigheden, onder andere bij dezelfde temperatuur en met hetzelfde kolomtype, geschiedt. Voor alle zekerheid werkt men met een referentiestof en meet men de *relatieve retentietijd*, dat is de verhouding van de retentietijd van een verbinding ten opzichte van die van de gekozen referentiestof. De oppervlakte onder een piek is een maat voor de hoeveelheid van de bijbehorende verbinding.

Met de tegenwoordig beschikbare detectoren kunnen van een stof uiterst geringe hoeveelheden, vaak niet meer dan enkele picogrammen, worden bepaald. De meest gangbare detector is de vlamionisatiedetector, waarmee alle organische verbindingen opgespoord kunnen worden. De keuringsdiensten willen vaak natrekken of er in voedingswaren verbindingen zitten die chloor-, fosfor-, zwavel- of



1-4



I-2

I-1 t/m I-3. Het inbrengen van een monster in de gaschromatograaf. Links onder de hand bevindt zich de detector. In de oven, onder het injectiepunt bevindt zich de kolom. Een gepakte kolom (I-2) is dikker en korter dan een capillaire (I-3).

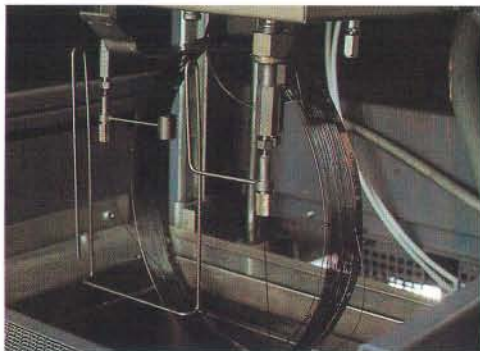
stikstofatomen bevatten. Daarom heeft men voor zulke verbindingen speciale detectoren ontwikkeld. Gechloreerde verbindingen neemt men bijvoorbeeld waar met de elektronenvangstdetector. In deze detector stroomt het dragergas, stikstof, langs een radioactieve bron. Door de bestraling raken de gasmolekules geïoniseerd en ontstaan er langzame elektronen die een constante stroom geven. Wanneer het stikstofgas dat de detector passeert, een verbinding met zich meevoert die elektronen kan opnemen, zal de elektrische stroom afnemen. Chlooratomen hebben een zeer grote affiniteit voor elektronen en zullen zo'n stroomafname bewerkstelligen. Hoe groter de hoeveelheid of de elektronenaffiniteit van een verbinding is, des te meer zal de stroom afnemen. Vooral pesticiden en milieucontaminanten bevatten vaak chloor en kunnen op deze wijze dus zeer goed worden bepaald.

Absolute zekerheid bij de identificatie van verbindingen verkrijgt men pas wanneer aan de gaschromatograaf een massaspectrometer wordt gekoppeld die als detector dienst doet. Massaspectrometrie is een dure techniek, onder meer omdat het proces zich in hoogvacuüm afspeelt. In de massaspectrometer komt de te analyseren organische verbinding eerst in een ionisatiekamer, waar de verbinding een bombardement met snelle elektronen ondergaat. Hier-

I-4. De grote elektromagneet van een *high field dubbelfocuserende massaspectrometer* met links een deel van de inlaatsystemen.

In het massaspectrum, dat uiteindelijk uit de printer rolt, zijn ionfragmenten in de vorm van pieken gerangschikt naar massa, terwijl de hoogte van de piek de intensiteit aangeeft (zie afb. 14). Omdat de structuur van een molecuul bepalend is voor de wijze waarop het in stukken breekt bij het elektronenbombardement, is het fragmentatiepatroon dat wordt verkregen karakteristiek voor de verbinding. Interpretatie van een onbekend massaspectrum is geen eenvoudige zaak, daarom zijn moderne massaspectrometers gekoppeld aan een data- of gegevensverwerkend systeem, waarin tienduizenden massaspectra van bekende verbindingen zijn opgeslagen. De computer vergelijkt een verkregen spectrum met die uit het bestand en geeft vervolgens aan om welke stof het gaat. Zodoende kunnen de keuringsdiensten op nauwkeurige wijze zeer snel achterhalen in welke mate en met welke verbinding een monster is vervuild.

bij ontstaan geladen brokstukken, ionen, die in een elektrisch veld worden versneld en vervolgens naar massa worden 'gesorteerd'. Vroeger kende men uitsluitend systemen waarbij de ionen door een magneetveld werden afgebogen. Bij een gegeven veldsterkte doorlopen ionen met vergelijkbare massa eenzelfde cirkelbaan en komen op dezelfde plaats uit het magneetveld in de detector, die uit een ingewikkeld elektrisch versterkingssysteem bestaat. In een massaspectrometer met een *quadrupool-massafilter*, worden de te scheiden ionen niet door een magneetveld afgebogen: ze gaan tussen vier elektroden door, waarop een hoogfrequent oscillerend veld is aangelegd, zodat verschillende ionen op verschillende plaatsen in de detector terechtkomen.



I-3

In het massaspectrum, dat uiteindelijk uit de printer rolt, zijn ionfragmenten in de vorm van pieken gerangschikt naar massa, terwijl de hoogte van de piek de intensiteit aangeeft (zie afb. 14). Omdat de structuur van een molecuul bepalend is voor de wijze waarop het in stukken breekt bij het elektronenbombardement, is het fragmentatiepatroon dat wordt verkregen karakteristiek voor de verbinding. Interpretatie van een onbekend massaspectrum is geen eenvoudige zaak, daarom zijn moderne massaspectrometers gekoppeld aan een data- of gegevensverwerkend systeem, waarin tienduizenden massaspectra van bekende verbindingen zijn opgeslagen. De computer vergelijkt een verkregen spectrum met die uit het bestand en geeft vervolgens aan om welke stof het gaat. Zodoende kunnen de keuringsdiensten op nauwkeurige wijze zeer snel achterhalen in welke mate en met welke verbinding een monster is vervuild.

Efficiënte troebeling

Anders dan de bepaling van contaminanten en residuen geschiedt die van ziektekiemen veelal op klassieke wijze. Op het microbiologisch laboratorium worden verdunningen van monstermateriaal uitgestreken op voedingsbodems en in een broedstoof geplaatst. Na twee tot drie dagen is elke bacterie tot een zichtbare kolonie uitgegroeid. Het aantal kolonies vermenigvuldigd met de verdunningsfactor geeft het aantal kweekbare bacteriën per gram uitgangsmateriaal, het zogenaamde *kiemgetal*.

Bepaalde ziekteverwekkende bacteriën worden gekweekt op selectieve voedingsbodems. Deze bevatten stoffen die de groei van andere dan de gezochte bacteriesoort belemmeren. Herkenning van de ziekteverwekkers kan worden bevorderd door aan de voedingsbodem stoffen toe te voegen die een kleuromslag geven wanneer omzettingen plaatsvinden die kenmerkend zijn voor de gezochte bacteriën. Zo worden bijvoorbeeld bacteriën geïdentificeerd aan de hand van hun vermogen om bepaalde suikers af te breken. Ook is het mogelijk om door bacteriën gemaakte stoffen, in



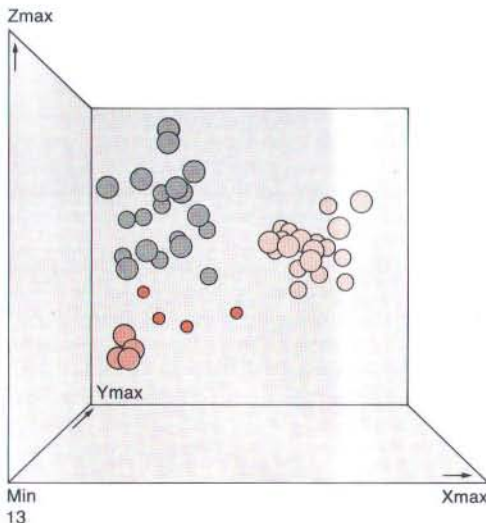
12

plaats van de bacteriën zelf, op te sporen. Met de immunologische ELISA-techniek stelt men bijvoorbeeld vast of in levensmiddelen die een voedselvergiftiging hebben veroorzaakt, het staphylococceus-enterotoxine aanwezig is.

Helaas verloopt er veel tijd voordat een klassieke microbiologische bepaling resultaat geeft. Een grote vooruitgang is de recente invoering van de *impedantiemeting*. Hierbij maakt men gebruik van de eigenschap dat bacteriën tijdens de groei stofwisselingsprodukten vormen die van invloed zijn op de elektrische weerstand, ofwel de impedantie, van de celcultuur. Over bakjes die in kleine compartimenten zijn verdeeld, brengt men een constante elektrische spanning aan, terwijl de compartimenten monsters bevatten die met voedingsvloeistof zijn verdund. Door ophoping van stofwisselingsprodukten zal de geleidbaarheid van de cultures toenemen.

De mate waarin de weerstand verandert hangt dus uiteindelijk af van het aantal aanwezige bacteriën en de daarmee samenhangende vorming van elektrisch geladen stofwisselingsprodukten. Doordat van tevoren ijkcurves zijn gemaakt van de impedantiewaarden van cultures met een bekend aantal bacteriën, kan nu het aantal bacteriën in het uitgangsmateriaal worden berekend. Deze screeningsmethode, die binnen acht tot twaalf uur een uitslag geeft, is ideaal om grote aantallen monsters in korte tijd te kunnen controleren. Alleen verdachte monsters worden vervolgens nog op de officiële, klassieke wijze onderzocht.

De nieuwe analyse-instrumenten maken het mogelijk om giftige bestanddelen in voedingsmiddelen op te sporen. Tegelijkertijd kan ook een leverancier die met samenstellingen gesjoemeld heeft, gemakkelijker worden betrapt.



13. Door een aantal parameters te bepalen en met een patroonherkenningsprogramma te verwerken komen vervalsingen van Spaanse sherry (zwart) aan het licht. Voor de ver-

valsingen gebruikt men vaak Italiaanse witte wijnen (licht), of wijnen uit gebieden die naast het sherrygebied liggen: Huelva (donker) en Montilla (mid-denkleur).

Valsche Waaren

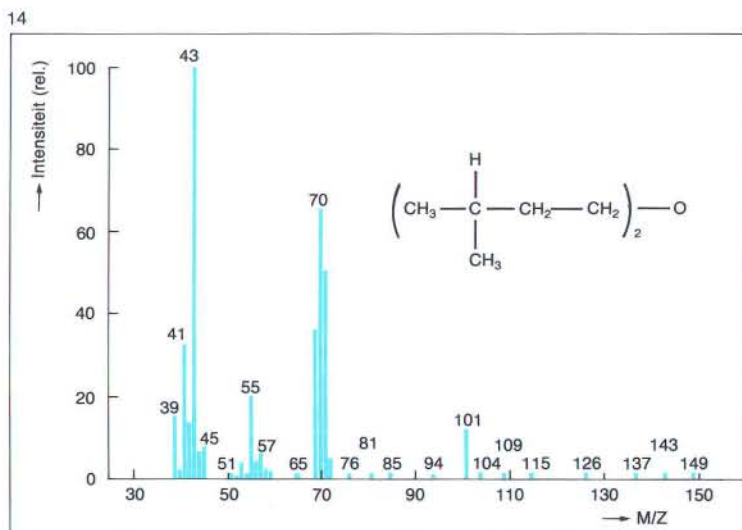
Water is nog steeds één van de goedkoopste vloeistoffen, zodat waren als vruchtensap en wijn zeer fraudegevoelig zijn. Om te vermoeden dat deze producten met water zijn aangelengd, voegt de vervalser bepaalde, uiteraard goedkope, stoffen toe. Omdat deze toevoegingen vaak nauwelijks van de natuurlijke bestanddelen verschillen, zijn ze soms slechts met moeite aan te tonen.

vervalsing. Hierbij vergeleek men met behulp van een computerprogramma al de gaschromatografische analyses van standaardseries echte cognacs, armagnacs en brandy's met die van het verdachte monster. Deze vergelijking liet duidelijk zien dat het bewuste monster geen echte cognac betrof.

Zulke analyses vereisen kostbare apparatuur en veel deskundigheid. Deze zijn echter nodig om vervalsters te snel af te zijn en hun knollen van citroenen te onderscheiden.

12. Een koekje met een staartje: iedereen kan bij klachten bij de Rijkskeuringsdienst van Waren terecht.

14. Het massaspectrum van di-isoamylether, de di-ether van 3-methylbutanol. De aanwezigheid van deze stof bewees dat het geanalyseerde monster van een vervalste cognac afkomstig was.



Voor al vervalsing van een dure drank als cognac kan de moeite lonen. Cognacs kunnen chemisch onder meer worden gedefinieerd door het gehalte en de verhouding van hogere alcoholen, zoals van 3- en 2-methylbutanol. Bij een gaschromatografische bepaling van een cognacmonster bleken 3- en 2-methylbutanol in een afwijkende verhouding voor te komen. Bovendien trof men in het verdachte monster een onbekende stof aan. Met massaspectrometrie toonde men vervolgens aan dat dit de di-ether van 3-methylbutanol was, die als een bijproduct ontstaat wanneer men in een fabriek 3-methylbutanol synthetiseert. In zuivere cognac zul je tevergeefs naar die di-ether zoeken, evenals naar de smaakstof ethylheptanoaat, die ook in het monster werd aangetroffen. Patroonherkenning gaf het slotbewijs van de

Literatuur

- Keuringsdienst van Waren, Amsterdam. Jaarverslagen 1985/1986.
Interkommunaal Laboratorium voor Scheikunde en Bacteriologie, Brussel. Jaarverslag 1987.
Brinkman UHT. Chromatografie. *Natuur en Techniek* 1985; 53: 10, 748-763.
Cramers CA. Gaschromatografie. *Natuur en Techniek* 1985; 53: 12, 908-915.
Hittenhausen-Gelderblom R. Massaspectrometrie bij de Rijkskeuringsdienst van Waren. *Chemisch Magazine* 1989; februari, 81-89.
Nibbering NMM. Massaspectrometrie. *Natuur en Techniek* 1985; 53: 6, 446-461.

Bronvermelding illustraties

- Paul Mellaart, Maastricht: 802-803
Heiploeg, Zoutkamp: 1.
Gemeentearchief Amsterdam, Amsterdam: 2.
Rijkskeuringsdienst van Waren voor het gebied Groningen en Drenthe, Groningen: 802-803, 4 t/m 12.
J.A.B. Verduyn, Leiden: 1-1 t/m 1-4.
De overige illustraties zijn afkomstig van de auteur.

Onder redactie van ir. S. Rozendaal.

Iedere plant heeft stikstof nodig om te kunnen groeien. Wat de plant niet uit de lucht en uit de bodem kan halen wordt in de landbouw aangevuld met kunstmest. Er zijn echter plantesoorten die in hun eigen stikstofbehoefte kunnen voorzien door de stikstof uit de lucht rechtstreeks te gebruiken. Deze zogenoemde vlinderbloemigen, zoals soja, erwten, bonen en klavers, gaan in de bodem in symbiose met *Rhizobium*-bacteriën. De bacterie vermenigvuldigt zich op de wortel, waarna hij de plant infecteert. Dit mondt uit in de vorming van een gezwel op de wortel. De bacteriën in deze wortelknolletjes kunnen stikstof uit de lucht binden. Gevolg is dus dat er minder kunstmest nodig is. Dat is vooral aantrekkelijk voor ontwikkelingslanden, waarvoor kunstmest veel duurder is dan voor westerse landen.

Probleem is alleen dat de geschikte bacterie niet in iedere bodemsoort van nature voorkomt. In dat geval kunnen ze worden gekweekt in laboratoria om daarna als entstof te worden gebruikt in de landbouw. Wageningse microbiologen zijn volop bezig de bacterie te introduceren in Bolivia en Vietnam. Projecten in Indonesië, Noord-China, Marokko en Tanzania staan op stapel.

Goed huwelijk

Experimenten met deze alternatieve vorm van stikstofbemesting worden vooral toegepast bij soja. Grootschalig gebruik in de praktijk wordt

ZONDER KUNSTMEST

*Wageningse onderzoekers helpen
Derde-Wereldlanden met
biologische stikstofbinding.*

PETER DE JAEGER

bemoeilijkt door een aantal knelpunten, die regionaal sterk kunnen verschillen. Oorspronkelijk komt dit eiwitrijke gewas uit China, maar het is verder veredeld in Amerika tot een hoogwaardig ras met hoge opbrengst. "Die specifieke lijnen vragen specifieke bacteriën. Wij speuren naar de juiste partners voor een goed huwelijk dat zo lang mogelijk stand houdt", zegt projectleider dr T.A. Lie van de Landbouwuniversiteit Wageningen. "We moeten selecteren op bacteriën die goed kunnen overleven en infecteren. De bacteriestam moet goed knollen kunnen maken, stikstof binden en zo krachtig zijn dat ze met de lokale bacteriën in de grond kan concurreren."

De bemestingsbacteriën gedijen slecht in zure gronden. Een neutrale zuurgraad van de bodem is onmisbaar en ondermeer te bereiken door bekaliking. Maar dat is in de tropen veelal te kostbaar, vanwege de enorme hoeveelheden kalk die daarvoor nodig zijn. Reeds in de jaren vijftig heeft men in Australië een goedkope oplossing gevonden. In



plaats van de grond te bekalken, worden de zaden voorzien van een kalkjasje. Met steun van de EG heeft ir J. Pijnenborg van de Wageningse vakgroep Microbiologie deze slimigheid verder verbeterd. "Door toepassing van dergelijke zaadpillen ontstaat lokaal een pH-verhoging, waardoor met name de eerste fase van de wortelknolvorming wordt bevorderd. De eerste zes dagen na het zaaien blijken cruciaal. Na die periode maakt het eigenlijk niet zoveel meer uit. Die zaadpillen kunnen desgewenst worden verrijkt met mineralen en an-

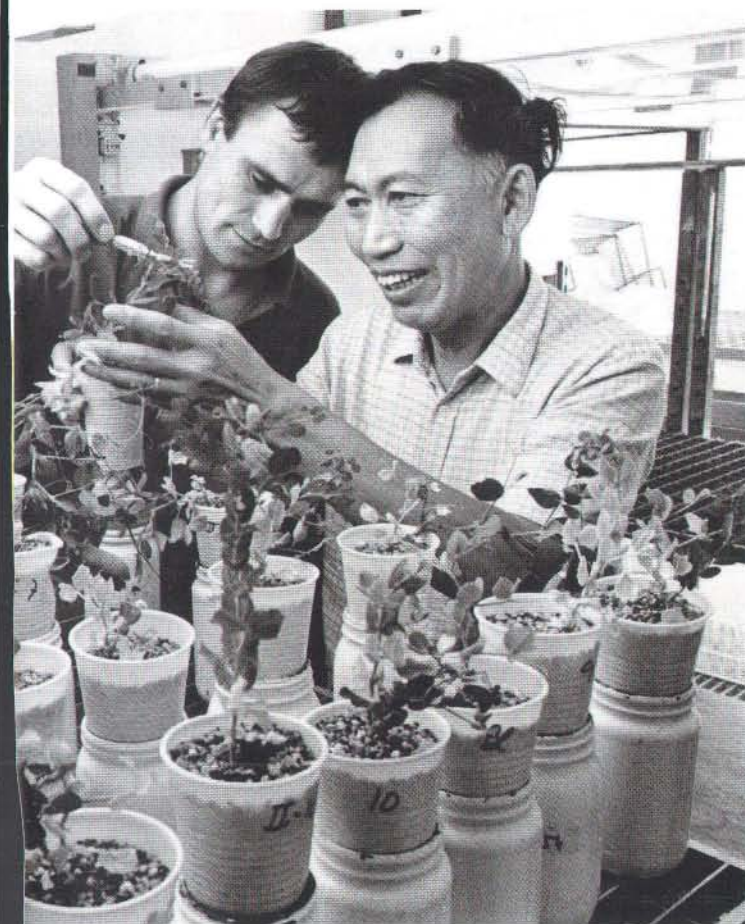
dere voedingsstoffen die de groei positief beïnvloeden." In Vietnam hebben de boeren zelf uitgedokterd dat een neutraal milieu ook haalbaar is met as. Soja wordt verbouwd in een rotatieplan met rijst. Na twee jaar rijst, verbouwt men soja op hetzelfde perceel. Het rijstestro wordt verbrand en de as wordt samen met de sojaboon in de grond gestopt en afgedekt met een laagje stro. Hierdoor ontstaat eveneens plaatselijk een neutraal milieu, een belangrijke voorwaarde voor de vorming van de wortelknollen. Stikstofbinding wordt ook ge-

remd door droogte. Wat dat betreft is wellicht de vinding van prof W. van Cotthem uit Gent een uitkomst. Deze hoogleraar plantkunde heeft kunststofkorrels ontwikkeld, bestaande uit ontgiftigde polymeren, die water opslaan en heel langzaam afgeven aan de plant.

Behangselplak

Vlak voor het zaaien wordt het zaad gemengd met de bacteriën. Als draagstof voor de entstof wordt gemodificeerd veen gebruikt, dat vrij is van toxische stoffen. Het meest kritieke moment is de periode die ligt tussen het mengen van de bacteriën met het zaad en het tijdstip van zaaien. Want de bacterie is dan blootgesteld aan bijvoorbeeld droogte, hoge temperatuur of andere ongunstige omstandigheden. De onderzoekers hebben dit risico weten te verkleinen door de bacterie als het ware op het zaad te plakken met methylcellulose, een soort behangselplak. Pijnenborg: "Je mengt de draagstof met bacteriën, het behangsellijm en het zaad in de juiste verhouding. Gemiddeld zitten er ongeveer 100.000 bacteriën op een zaadkorrel. Hoe meer hoe beter, want je moet rekenen dat in een slechte periode er een hoog percentage doodgaat. En op het moment dat de wortel uitkomt moet je zorgen dat er voldoende bacteriën aanwezig zijn op de juiste plek."

Volgens Lie zijn er samenvat drie eisen voor een optimale stikstofbinding: "Goede planten, goede bacteriestam-



Ir J. Pijnenborg (links) en dr T. Lie bemesten soja-plantjes met bacteriën (Foto: Jan van Teeffelen).

men en een goede omgeving. Als aan die voorwaarden is voldaan, kan in de tropen zeker 80 kilo biologische stikstof per hectare worden geproduceerd."

Het ontwikkelen van de specifieke *Rhizobium*-bacterie is labwerk. Dat gebeurt in Wageningen of in het ontwikkelingsland zelf. Na deze onderzoeksfase volgt het opschalen van de produktie van bacteriën. In die staat verkeert nu bijvoorbeeld het project in Bolivia. In dat Zuidamerikaanse land wordt, met geld van het ministerie van Ontwikkelingssamenwerking, een klein laboratorium gebouwd, waar twee onderzoekers en drie technici gaan werken. Het lab komt in de hoofdstad van de provincie Santa Cruz, het economisch centrum van het land. Het zal uiteindelijk jaarlijks 10 ton entstof moeten kunnen produceren, genoeg om een areaal van 50000 ha te behappen.

In Vietnam is men al verder. Dank zij financiële steun van de Landbouwuniversiteit is er sinds een paar jaar een laboratorium in de Mekongdelta. De vakgroep Microbiologie ontwikkelde samen met de vakgroep Landbouwplantenteelt speciale fermentoren voor het land en heeft die samen met de technische kennis overgedragen. Dit jaar kreeg Lie bijna 1 miljoen gulden van de Europese Gemeenschap. Van dit geld worden Vietnamese onderzoekers in ons land opgeleid.

Wat is het verschil tussen de problematiek van de Mekongdelta en Bolivia?

Lie: "Bolivia heeft prachtige grond, met een gunstige pH. Alleen komt op de nieuwe sojavelden de bacterie niet voor, omdat er vroeger katoen werd geteeld. Maar als de bacterie eenmaal in de bodem zit, ver-

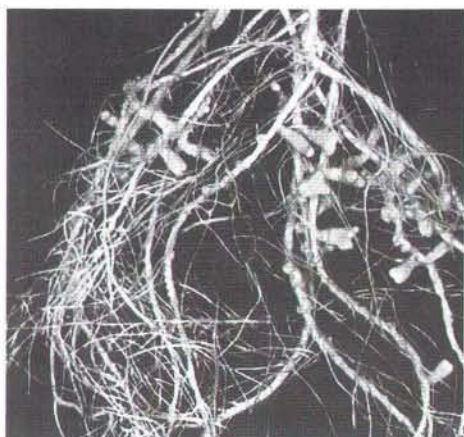
wacht ik niet dat we die, zoals in Vietnam, ieder jaar opnieuw moeten enten. Daar waar soja is gekweekt, is immers de kans groot dat de bacteriën zich hebben vermeerderd en aangepast. Maar in Vietnam is de bodem zuur en zal naar verwachting de bacterie ieder jaar weer moeten worden geïntroduceerd."

"Een ander verschil is dat in Vietnam soja een eiwitbron is. In Bolivia heeft men genoeg koeievlees, daar is soja vooral een oliebron. Het eiwit gaat als veevoer naar het bui-

tenland. In Bolivia is een enorm tekort aan consumptie-olie. Vandaar dat 50000 ha nauwelijks voldoende is om aan de binnenlandse vraag te voldoen, het dekt slechts de helft van de nationale behoefte. Er is sprake van een ware 'sojaboom' in het land. Daarom ben ik er zeker van dat dit project een blijvertje is, los van de sojaprijs, die momenteel vrij laag is en het Vietnamese project bedreigt. In Vietnam beslaat het project eveneens een areaal van circa 50000 ha."



In Vietnam worden bacteriën op kleine schaal gekweekt (Foto: T.A. Lie).



Rhizobium-bacteriën hebben knolletjes gevormd op de wortels van een sojaplant (Foto: T.A. Lie).

Schijntje

Wat moeten die boeren er eigenlijk voor betalen?

Lie: "De kosten van de entstof voor één hectare zijn ongeveer gelijk aan de prijs van 1 kilo zuivere stikstof. Dat is dus een schijntje, als je weet dat per hectare soja circa 100 kilo pure stikstof nodig is. Omgerekend betaalt men in Bolivia 3 à 4 dollar per hectare. Kunstmest is daar drie tot viermaal zo duur als in het westen, vanwege de hoge vervoerskosten. Bolivia heeft namelijk geen haven en ligt ingesloten door bergen. Daarom is biologische stikstofbinding extra aantrekkelijk voor dat land."

"In Vietnam betaalt men iets van 10 dong per hectare. Om een indruk van de geldwaarde te krijgen: een kopje koffie kost 2 dong. Dus dat bedrag is voor de Vietnamese boer eveneens gemakkelijk op te brengen. Het kan zo goedkoop omdat in beide landen de entstof wordt geproduceerd door instituten of universiteiten die niet op commerciële basis werken. Bovendien wordt in beide landen de entstofproductie flink gesubsidieerd door de overheid."

"De investeringskosten zijn weliswaar hoog, zoals de bouw en inrichting van het lab. Maar als de produktie eenmaal op gang is, dan kan men van die entstofprijzen ruimschoots de onderzoekers, het materiaal en de lopende kosten betalen."

Hoeveel kunnen de boeren besparen op hun kunstmestgift?

Pijnenborg: "Theoretisch kunnen ze zelfs zonder stikstofmeststoffen. Stikstof is de grootste bulk van meststoffen. Per hectare is 100 tot 400 kg stikstof nodig, tegen bijvoorbeeld slechts 50 kg fosfaat. En qua prijs is stikstof het duurste, omdat de produktie van deze meststof zoveel energie kost. Stel je hebt 100 000 ha in een land en je moet dat allemaal bemesten met stikstof, dan heb je 10 miljoen kilo stikstof nodig. Dat is erg duur, nog afgezien van de hoge transportkosten van dit bulkprodukt."

"In het algemeen is gebruik van kunstmest prima bij rijst en andere gewassen die niet in staat zijn zelf stikstof te binden. Maar waar mogelijk, pleit ik voor gebruik van natuurlijke bemestingsbronnen.

Die zijn goedkoop en altijd beschikbaar, terwijl kunstmest duur is en de produktie veel energie kost."

Ook de EG heeft duidelijk interesse in biologische stikstofbinding. Sinds medio 1988 is er een speciale commissie die het gebruik van deze bemestingsvorm in de Derde Wereld moet bevorderen. Van ieder land is er een vertegenwoordiger gekozen. Voor Nederland zit dr Lie in de commissie. Lie: "We hebben eind vorig jaar een eerste workshop gehad in Bangkok, toegespitst op de regio Zuidoost-Azië. Dat heeft geleid tot contacten en samenwerkingsverbanden. Een aantal projecten in ASEAN-landen zullen worden betaald met EG-gelden. Dit betreft ondermeer Thailand, Indonesië, Singapore en Maleisië."

Voor Indonesië is Lie, zelf afkomstig uit dit land, ondermeer bezig een project op te stellen voor de sojateelt in de transmigratiegebieden. Java is overbevolkt en de regering probeert de bevolking te spreiden over de andere eilanden, zoals Zuid-Sumatra, Kalimantan en Celebes. "Verhalen over de vruchtbare grond in Indonesië zijn sprookjes. Meer dan de helft zijn ellendig zure gronden, waar soja allerbelabberdst op groeit. We proberen de produktie met de door ons ontwikkelde pillenzaden te verhogen", aldus Lie.

Dit voorjaar was er een bijeenkomst van de EG-commissie in Mexico, gericht op Latijns-Amerika. Eenzelfde soort vergadering staat gepland eind dit jaar in China. Lie vindt vooral Noord-China een buitengewoon interessante streek omdat het een genencentrum is van soja. "De enorme rijkdom aan genetisch materiaal in het gebied is niet alleen belangrijk voor het

Een Vietnamese boer tussen zijn bacteriebemeste sojaplanten (Foto: T.A. Lie).



op peil kunnen houden van de landbouw, maar is ook wetenschappelijk erg interessant."

Goedgekeurd door de EG is inmiddels een project dat 'Wageningen' zal uitvoeren samen met twee Franse instellingen in Marokko en Tanzania. Deze Franse counterparts werken ook mee aan het project in Vietnam.

Pioniers

Bij alle EG-projecten staat overdracht en ontwikkeling van fundamentele kennis voorop. De overdracht moet dusdanig zijn dat de mensen er direct mee kunnen werken in de praktijk. Wat is de ervaring met de overdracht van die kennis naar ontwikkelingslanden?

Lie: "Eerst en vooral moet je daar een partner hebben die politieke steun krijgt en waar je goed mee samenwerkt. Dat is absoluut nodig wil je project slagen. Soms is het nodig om iemand in het land te detacheren, omdat daar de kennis onvoldoende aanwezig is. Dat is het geval in Bolivia. Maar het blijft een avontuur. Je moet rekening houden met de kans dat het misloopt.

Zelfs in een land als Nederland slaagt niet elk bedrijf dat start, dat ligt in de Derde Wereld nog veel moeilijker."

Pijnenborg, die in augustus voor drie jaar naar Bolivia vertrokken is: "Het is zeker ook zo dat de belangen die de doelgroep heeft met het project, parallel moeten lopen met de belangen die je er zelf in hebt. De noodzaak tot introductie van een entstof moet bij beiden duidelijk aanwezig zijn."

Hebben alle boeren profijt van de entstof?

"Dat is een typisch Nederlandse vraag", reageert Lie. "Mijn antwoord klinkt paradoxaal, maar tot mijn grote genoegen wordt nu in Bolivia de sojaproductie beheerst door kolonisten afkomstig uit Japan en Mennonieten uit Canada. Zij maken het meest gebruik van deze techniek. Deze pioniers dienen uiteindelijk als een soort voorbeeld-functie voor de kleinere boeren, vooral omdat ze zulke goede resultaten behalen."

Pijnenborg: "Het is in Bolivia erg moeilijk om de armste boeren te bereiken. De meesten wonen niet in de laaglanden, maar in het Andesge-

bergte. Deze hoogland-indianen zweven nog ergens tussen nomadenbestaan en een vast landbouwsysteem in. Ze zijn niet honkvast, slecht georganiseerd en dus moeilijk toegankelijk. Daarom willen we liever eerst de zaak helemaal goed opzetten in Santa Cruz. Als daar alles eenmaal goed draait kunnen we betrekkelijk simpel de kennis overdragen naar andere plaatsen. Vergeet niet, de produktie van die entstof moet ook economisch worden bekeken. Produktie van een entstof kun je pas entameren als je over meer dan 100000 ha beschikt. En wat heb je tenslotte aan een entstof als je de mensen niet goed kunt voorlichten over het gebruik?"

"Ook in Vietnam zijn het natuurlijk toch weer de vooruitstrevende, wat rijkere boeren die het eerst met de entstof werken. Ondanks dat het een communistisch land is en dus in principe iedereen gelijk is. We kunnen alleen maar hopen dat het doorsijpelt naar de kleinere boer. Verdere verspreiding van de kennis over de entstof is uiteindelijk een zaak van voorlichting."

Het ingenieuze experiment was geslaagd. Twee jaar noeste arbeid in het gerenommeerde Salk Institute, een biologielaboratorium in de Verenigde Staten. Opmerkelijk genoeg niet in de biologie; de succesvolle experimentator was daar ook niet voor opgeleid, hij was filosoof. Een filosoof in een biologielab?

We schrijven oktober 1975. Bruno Latour, een jonge Franse filosoof, start zijn experiment. Het onderzoeksmateriaal bestaat echter niet uit kikkers. Latour onderzoekt de onderzoekers. Hij deelt gedurende twee jaar lief en leed op het instituut en werkt zelfs part-time als analist. Maar zijn voornaamste doel blijft het observeren van de wetenschappers en hun assistenten. Hij gaat daarbij te werk als een antropoloog die een vreemde stam met ogenschijnlijk bizarre gewoonten wil doorgronden. Wat gebeurt er precies in een laboratorium? Hoe gaat men te werk? Wat is daar 'wetenschappelijk' aan?

Sociale constructie

Ooit uw slaapkamer omgetoverd in een laboratorium met behulp van een scheikundendoos? Wie dat heeft gedaan, kent de aantrekkingskracht van het lab. "Het is een plaats voor jonge mensen en als je er terugkomt, voel je je weer jong worden: met diezelfde zucht naar avontuur, naar ontdekkingen, naar onverwachte gebeurlijkheden", schetst de schrijver Primo Levi in zijn *Het periodiek systeem*. Ook voor 'buitenstaanders' is het laboratorium een symbool. Het ontfutselt de natuur dankzij slimme proeven haar geheimen. Er heersen speciale regels die het produkt zijn van de kritische en rationale geest van de mo-

EEN VREEMDE STAM MET BIZARRE GEWOONTEN

Filosoof Bruno Latour, de Andy Warhol van de wetenschap, onderzoekt de onderzoekers

PAUL WOUTERS

derne wetenschap. Een wetenschap die niet voor niets de tegenstander is van bijgeloof en vooroordelen. Kortom: het laboratorium is de meest rationele werkplaats die denkbaar is.

Het onderzoek van Bruno Latour heeft van dit beeld geen spaan heel gelaten. Al eerder was onder wetenschapssociologen, diegenen die de wetenschap onderzoeken, het vermoeden gerezen dat wetenschappers zich helemaal niet zo speciaal gedragen in het beoefenen van hun vak. Natuur- en scheikundigen houden alle menselijke eigen-

aardigheden. Zelfs de meest wetenschappelijke betogen blijken daarvan doordrongen.

Latour gaat in zijn conclusies echter veel verder dan de stelling dat de wetenschap wordt beïnvloed door sociale factoren. De kern, de harde wetenschappelijke feiten, zijn niet objectief, maar door mensen gemaakt. "Een sociale constructie", om het in de termen van Latour te zeggen.

Zo'n conclusie komt hard aan. Arie Rip, hoogleraar aan de faculteit Wijsbegeerte en Maatschappijwetenschappen in Twente, werkt regelmatig



Wetenschappers zijn geobsedeerd door aantekeningen.

met Latour samen. "Er zijn inderdaad mensen die hem als een ondermijner van de wetenschap zien", aldus Rip. Hij vindt het niet terecht: "Latour heeft juist veel bewondering voor de wetenschappers, maar op een andere manier dan gebruikelijk."

Beweringen bewerken

"Onze antropologische waarnemer", zo schrijft Latour in zijn onderzoeksverslag, "wordt geconfronteerd met een vreemde stam die het grootste deel van de dag doorbrengt met coderen, markeren, schrijven, lezen, corrigeren en veranderen." De werkzaamheden op een lab bestaan voornamelijk uit registreren, waarvoor talloze mensen en apparaten worden ingezet. Die registraties worden vervolgens benut voor het opstellen van beweringen. Een laboratorium heeft in Latours visie als voornaamste doel die beweringen te bewerken. Vandaar de obsessie met het maken van aantekeningen. "Zelfs onzekere bureaucraten en dwangmatige romanschrijvers zijn minder gebesedeerd door aantekeningen dan wetenschappers", aldus de Franse filosoof. Niet zonder reden: uit de beweringen moeten wetenschappelijke feiten worden geschapen. Omgekeerd veranderen feiten in dit proces regelmatig in ongefundeerde beweringen.

Latour heeft de lotgevallen beschreven van GHRH, het hormoon dat de productie van groeihormoon stimuleert. De onderzoeker Schally, verbonden aan het al genoemde Salk Institute, heeft de structuur hiervan vastgesteld en daarvoor de Nobelprijs voor de medicijnen ontvangen. Latour laat overtuigend zien dat de beweringen over dit hormoon een gevolg zijn van



keuzes van de onderzoekers, en niet omgekeerd. Na 1962 heerst bijvoorbeeld de overtuiging dat het een eiwit is, maar rond 1966 wordt dit 'feit' in twijfel getrokken. Sterker nog, de stelling dat het géén eiwit is, krijgt de status van 'feit'. In 1969 tenslotte geeft massaspectrometrie, resultaat van menselijke wetenschap, de doorslag. Sindsdien is GHRH een eiwit van acht aminozuren, waarvan de volgorde exact bekend is.

Latour beschrijft een interessant proces dat iedere onderzoeker bekend is. In het begin bestaat er alleen een al dan niet boude bewering. Het ding of de stof waarover de bewering gaat, is nog in nevelen gehuld, bestaat misschien niet eens. De bewering is 'echter' dan het object. Aan het eind van de rit (als die wordt bereikt) is de situatie geheel

omgedraaid. Nu staat vast dat een stof of ding bestaat. De bewering is niets meer dan een accurate beschrijving daarvan.

Latour noemt deze omkering het geboortemoment van een wetenschappelijk feit. Is het nog gek dat de wetenschap de werkelijkheid zo goed omschrijft? Geen kunst, zegt Latour, bewering en feit zijn één ding.

Inmiddels is deze benadering onder wetenschapssociologen gemeengoed geworden. "Laboratory life is een waterscheiding in ons onderzoek", zegt Arie Rip. Zijn collega Stuart Blume, hoogleraar wetenschapsdynamica aan de Universiteit van Amsterdam, vergelijkt Latour met Andy Warhol. "Sinds deze een blikje Campbellsoep in kunst verwerkte, kreeg je een andere kijk op dat blikje. Iets verge-

dorpje Pouilly-le-Fort een verschrikkelijke ziekte van schapen en koeien: antrax.' Dit is ongeveer wat de meeste Fransen denken: dankzij Louis Pasteur hebben we niet alleen melk die niet bederft, maar kunnen we ook de meest diverse ziekten te lijf gaan. Geen vlek op de landkaart van Frankrijk of er is wel een Louis Pasteurstraat. Het verhaal van diens overwinning gaat er vanuit dat de 'ontdekking' van ziektekiemen zich verspreidde over de maatschappij, hier en daar vertraagd door tegenstand van mensen 'die er nog niet aan toe waren', artsen bijvoorbeeld.

Bruno Latour haalt deze visie onderuit. In zijn versie is Louis Pasteur niet zozeer de belangeloze, geniale onderzoeker, maar veel meer een Machiavelli die, steunend op z'n werk met de microben in

het lab, het ene na het andere bondgenootschap sloot en daardoor steeds meer invloed kreeg. "Wetenschap is politiek met andere middelen", aldus Latour. De artsen werden bijvoorbeeld pas 'pasteurianen' nadat zij daar hun aloude medische praktijk mee konden voortzetten.

Vóór die tijd was Pasteur eerder een bedreiging voor hun beroep. Hij claimde aanvankelijk immers dat ziekten voorkomen konden worden door de nieuwe kennis over ziektekiemen. Pasteur en de zijnen slaagden erin hun laboratorium onmisbaar te maken voor hygiënist, chirurg (die nu pas echt konden opereren), legerartsen, koloniale en niet in de laatste plaats de Franse overheid. Daardoor reorganiseerden zij de maatschappij ingrijpender dan menig befaamd staatsman. In dit opzicht bewondert Latour de



Prof dr Arie Rip
(Foto: *Universiteitskrant Twente*).

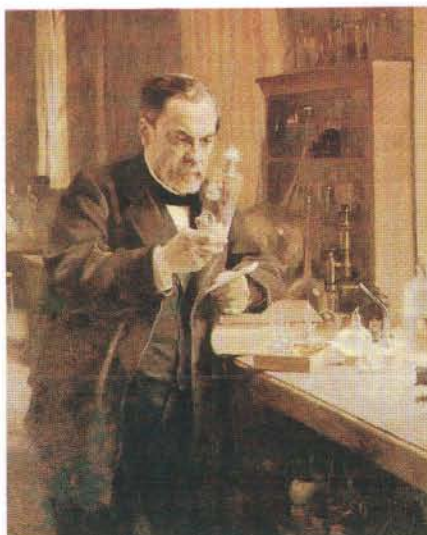
lijkbars heeft Latour met de natuurwetenschap gedaan." Beide hoogleraren wijzen op de toenemende invloed van de wetenschap op de samenleving. "Het is ook om sociale redenen belangrijk, dat mensen zien dat wetenschap door mensen wordt gemaakt en hoe dat ongeveer gaat."

Wetenschap is politiek

Die beïnvloeding van de maatschappij door het laboratorium is onderwerp van Latours recente studie naar Louis Pasteur: *The pasteurization of France*. Het staat eveneens centraal in zijn nieuwste boek *Wetenschap in actie*. Een soort leerboek waarin Latour z'n visie op een rij zet, zonder er veel nieuws aan toe te voegen.

'Op 2 juni 1881 versloeg Louis Pasteur in het kleine

Arie Rip: "Latour heeft juist enorm veel bewondering voor de wetenschappers, maar op een andere manier dan gebruikelijk."



Louis Pasteur
(1822-1895)
kreeg, steunend
op z'n labwerk,
steeds meer invloed.

wetenschappers. Arie Rip: "In feite zegt Latour tot de sociologen: 'de wetenschappers zijn betere sociologen dan jullie'."

Li Peng

"Dat uitgangspunt 'wetenschap is politiek' leidt als je het doortrekt tot 'alles mag', tot het absolute cynisme: tot de Pol Pots, de Stalins, de Lysenko's, de Li Pengs." Dat is, kort samengevat, de reactie van Rob Hagendijk, wetenschappelijk onderzoeker bij de Amsterdamse vakgroep Wetenschapsdynamica. Hij en zijn collega's willen vasthouden aan het onderscheid tussen wetenschap en politiek.

Hagendijk, bezig met een promotie over het theoretische onderzoek naar de wetenschap, vindt Latours kijk te eenzijdig. "Hij bekijkt de ontwikkeling in z'n Pasteur-studie te veel vanuit het politieke genie van Pasteur, terwijl die wel degelijk beperkt werd door de sociale structuur." De Duitse onderzoekster en collega van Latour, Karin Knorr-Cetina: "Latour reduceert de ingewikkelde werkelijkheid tot een Machiavellistische machtsstrijd." Stuart Blume: "Met Latours schema kun je niet alles verklaren. Ik wantrouw theorieën die met één grote waarheid komen altijd een beetje. Ik ben meer iemand van talloze kleine waarheidjes." Ook Arie Rip heeft soortgelijke kritiek: "Latour heeft de neiging zich te concentreren op de 'helden van de wetenschap'. Zo ziet hij zichzelf ook een beetje."

Rip lijkt gelijk te hebben met zijn typering van z'n Franse collega. Deze heeft kort geleden een artikel geschreven over de sociale inhoud van de relativiteitstheorie van Albert

Einstein. Ook al zo'n monument. Latour, befaamd om z'n weergaloze schrijfstijl en presentatie, schroomt daarentegen evenmin een 'sociologie van een deur' te schrijven. En wat is nu helemaal een deur? Dit artikel, verschenen in het tijdschrift *Social Problems*, is kenmerkend voor Latours filosofie. Hij gaat uitvoerig (en humoristisch) in op de vérestrekkende sociale rol van het scharnier. Stel je voor dat we steeds een gat in elke muur moesten hakken en achter ons weer dichtmetselen! Maar ook de sluitveer ontsnapt niet aan zijn aandacht: deze blijkt, mits goed geconstrueerd, een stuk betrouwbaarder dan zijn menselijke evenknie, de portier. Alles nog steeds volgens Latour.

Hiermee onderbouwt hij de grote rol die de niet-menselijke factoren in onze maatschappij spelen. In Latours boek over Pasteur is dit eveneens een centraal argument. Alleen dankzij de kleine microben kan Pasteur tot zo'n grote hoogte reiken.

"Latour heeft op overtuigende wijze laten zien dat het buiten beschouwing laten van de natuur in de sociale wetenschappen schadelijk is", beaamt Rob Hagendijk. Macht heeft te maken met controle over de natuur. Arie Rip wijst er op dat de invloed van het laboratorium alleen te begrijpen is als de niet-menselijke natuur erbij wordt gehaald. "Dan pas kun je zien welke draden er worden gesponnen. Waarom die in de zestiende

Rob Hagendijk
(links) en prof
Stuart Blume
(Foto: Eduard
de Kam / Hol-
landse Hoog-
te).



eeuw allemaal via het paleis liepen en nu door het laboratorium", aldus Rip.

Het heeft zijns inziens ook met moraal te maken. "De verantwoordelijkheid is er ook ten opzichte van de niet-menselijken." De Amsterdammers beamen dit. Maar Rob Hagendijk vindt het geen reden mens en microbe gelijk te stellen, waar Latour de neiging toe heeft. "De mens blijft de centrale rol spelen", zegt hij. "Het enige soort verhalen waar ik wat mee kan, zijn menselijke verhalen.

Waarmee ik niet ontken dat

een bij ook zijn versie zou kunnen hebben." Stuart Blume vindt Latours pleidooi voor de emancipatie van het non-humane 'een mooie stelling'. "Maar wat levert het op? Moeten we neutraal blijven tussen mensen en objecten? Het leidt snel tot onzin." Hij trekt een parallel met het toneel. De regisseur heeft zowel mensen als rekvisieten nodig. Maar een speler kan staken, een piano niet. "Dat ontkennen leidt niet tot een betere sociale theorie", aldus Blume. Overigens was Latours betoog over de sociolo-

diensten de invloed van Latour op het huidige wereldje van de wetenschapssociologen moet omschrijven. "Het is voor jonge onderzoekers te gemakkelijk Latour-achtige verhalen te imiteren. Men sluit dan de gedachten af en wordt contraproductief voor verder onderzoek." De scherpe kritiek van Latours collega's – de mening dat hij te ver doordraaft is vrij algemeen – verhindert niet dat de Franse filosoof-onderzoeker steeds bekender wordt. Arie Rip denkt dat dit te maken heeft met het nieuwe beeld van de wetenschapper dat aan het ontstaan is. "Er is duidelijk behoefte aan een boek dat de ondernemende kant van de wetenschapper benadrukt." Rip ziet al enige tijd forse veranderingen optreden in de wetenschap. Visies zoals die van Latour maken het mogelijk daar open over te discussiëren. De wetenschap heeft een januskop: enerzijds wordt de waarheid gezocht, anderzijds wordt er over de waarheid onderhandeld. "Dat zien is geen ontmaskering want die dubbele januskop heeft een functie", aldus Rip.

Dankzij Latour begrijp je waarom de maatschappelijke draden in de zestiende eeuw via het paleis liepen en nu door het laboratorium

gie van een deur juist geïnspireerd door een briefje op de deur van het lab met de curieuze mededeling dat de sluitveer 'staakte'. Dit terzijde.

Toenemende bekendheid

Rob Hagendijk zou niet in een Latourse maatschappij willen leven. "Als ik de oproep van hem bekijk, 'laten we het onderscheid tussen waarheid en macht, tussen mens en natuur vergeten' en 'laten we geen wetenschappers meer geloven', dan denk ik: nee, dank u wel." Hij waarschuwt tegen het weggooien van het kind met het badwater. Hagendijk erkent dat er met recht tegen de wetenschap wordt aangeschopt. "Maar moeten we de wetenschappelijke normen dan afbreken? Of de onvolkomenheden van de wetenschap verbeteren?" Stuart Blume aarzelt tussen 'gevaarlijk' en 'irritant' als hij ondanks de ver-



ACTUEEL

Nieuws uit wetenschap, technologie en samenleving
natuur en techniek

Waterig en toch zichtbaar

Een elektronenmicroscop met de gebruiksvriendelijkheid en de toepassingsmogelijkheden van een lichtmicroscop? Tijdens lang leek dit een droom. Maar sommige dromen worden werkelijkheid. Na tien jaar experimenteel onderzoek heeft de Australiër G.D. Danilatos een 'preparaat af-tastende' elektronenmicroscop ontwikkeld waarmee 'natte' biologische preparaten zichtbaar kunnen worden gemaakt.

Met de huidige, 'scanning' elektronenmicroscopen (SEM) is het alleen mogelijk om biologisch materiaal te onderzoeken, wanneer het voorbewerkt is. Deze voorbewerking behelst het drogen, invriezen of bedekken met een geleidend laagje. Dientengevolge weet de onderzoeker nooit zeker of de structuren die hij of zij wenst waar te nemen niet door de gevolgde preparatiewijze zijn veranderd of gemaskeerd.

De voorbereiding van het preparaat is echter noodzakelijk omdat het preparaat in hoog-vacuüm wordt gebracht alvorens het te beschieten met elektronen. Mocht de ruimte enkele gasdeeltjes bevatten, dan wordt de gasbundel te veel verspreid of werkt de detector niet. Onder de heersende onderdruk verdampt water direct, zodat de preparaten goed droog moeten zijn om de waarneming optimaal te laten verlopen.

Danilatos, de ontwikkelaar van de 'environmental scanning electron microscope' (E-SEM), heeft echter ontdekt dat, hoewel een elektronenbundel voor een deel 'uitwaaiert' wanneer de ruimte niet volledig vacuüm is, er toch een groot deel gebundeld blijft en



gebruikt kan worden om een preparaat af te tasten. Bij de bouw van de E-SEM paste hij dit gegeven toe: de elektronenbundel gaat door opeenvolgende ruimtes met toenemende druk, van hoog-vacuüm tot $26,6 \cdot 10^2$ Pa. Onder deze druk zal water bij kamertemperatuur niet verdampen, zodat het te bekijken preparaat door-drenkt blijft.

Omdat het preparaat niet onder vacuüm met elektronen wordt beschoten zal er ionisatie van gasdeeltjes optreden. Nu blijkt dat de relatief langzame, door het oppervlak van het preparaat weerkaatste elektronen veel beter de gasmoleculen ioniseren dan de snellere, die dwars door het preparaat heengaan. De positieve gas-ionen die door de botsingen met de elektronen ontstaan, zorgen voor een versterking van het signaal. Danilatos maakte een detector die op basis van dit principe werkt.

Een bijkomend voordeel is dat deze detector de energieverschil-

Een wetenschapper gebruikt hier de SPM voor de analyse van een geïntegreerd circuit (Foto: London Pictures Service).

len tussen gereflecteerde elektronen kan waarnemen en tevens ongevoelig is voor licht, dit in tegenstelling tot de detector van een 'gewone' SEM. Die registreert daarenboven een achtergrondsignaal dat voor een groot deel wordt veroorzaakt door de snelle elektronen. Met de E-SEM kan men behalve biologisch materiaal ook papier, plastic, keramiek, textiel, voedsel, vezels, farmaceutische stoffen of halfgeleiders in ogenschouw nemen. Met een SEM laten deze preparaten zich niet of maar nauwelijks bekijken.

In Engeland hebben wetenschappers de problemen die de SEM met zich meebrengt, omzeild door met röntgenstraling te werken. Door een combinatie van technieken zijn ze zo toch in staat om levende cellen waar te nemen.

Ze zenden röntgenstraling met een golflengte van 2,2 tot 4,4 nm door het preparaat. De verdeling van koolstofatomen in de cellen wordt door deze 'zachte' straling zichtbaar gemaakt.

Een probleem is echter dat voor een scherp beeld een lange 'belichtingstijd' nodig is, waardoor de structuren in de cel stuk gaan. Onderzoekers van de Universiteit van Londen hebben nu een techniek ontwikkeld die ze in staat stelt om met een bestralingstijd van ongeveer een nanoseconde toch een goede waarneming te doen. Gecombineerd met lichtmicroscopie en SEM zijn ze met deze techniek in staat om waterige biologische preparaten te bekijken zonder dat deze van te voren met chemicaliën zijn behandeld.

Een andere, nieuwe ontwikkeling op het gebied van röntgenmicro-

scopie is afkomstig uit Oxford en luistert naar de naam 'scanning proton microprobe' (SPM). Met deze techniek heeft men onderscheid kunnen maken tussen de 'grijze' cellen en de 'witte' axonen van zenuwcellen in de hersenen. Ook heeft men barium ontdekt in kleine eencellige organismen en titaniumverbindingen in de hersenen van mensen die aan de ziekte van Alzheimer leiden.

Bij SPM stuurt men door een preparaat een bundel energierijke protonen. Deze zullen elektronen uit atomen losmaken. Vervolgens hergroeperen de resterende elektronen zich om de atomen onder uitzending van röntgenstraling. Van belang is dat de uitgezonden straling voor elk element anders is, zodat men met deze techniek afzonderlijke elementen kan opsporen.

Behalve dat ze elektronen vrijma-

ken, vliegen protonen zelf uit het preparaat, wanneer ze op de kern van een atoom botsen. Door deze verstrooide protonen te registreren kan men een driedimensionaal beeld verkrijgen van de structuren die binnenin biologische cellen zitten. De energie van de weerkaatste protonen is een maat voor de diepte waarop de botsing met het element in het preparaat is opgetreden. Dit betekent dat de concentratie van elementen als een functie van de diepte kan worden waargenomen, zonder dat men het preparaat uit elkaar hoeft te nemen. Dit is van groot belang voor de controle van toegepaste halfgeleidermaterialen, zoals in geïntegreerde circuits, aangezien deze uit diverse lagen van verschillend elementen kunnen bestaan.

(Gegevens ontleend aan *Nature* en *London Pictures Service*)

Spraakles per beeldscherm

Het is vervelend als je tengevolge van verwondingen of een operatie een stemaandoening en daarmee een taalachterstand hebt opgelopen. Helaas heeft een spraakleer niet altijd de tijd om zijn of haar aandacht aan één patiënt te wijden, zodat het lang zal duren voordat deze weer bij stem is. Nu zijn revaliderende patiënten niet de enige personen waarmee een spraakleer geconfronteerd wordt. Mensen met een gehoorbeschadiging bijvoorbeeld, hebben grote problemen om zich verstaanbaar te maken. Met moeite leren ze klanken op een correcte wijze te vormen en eenvoudige woorden duidelijk uit te spreken.

Als aanvulling op het onderricht van de spraakleer heeft Siemens een computerprogramma ontwikkeld waarmee doven, slechthorenden en mensen met

een stemaandoening individueel aan hun spreekvaardigheid kunnen werken. Deze *Computer-gestuurde Spraak-Trainer* reageert optisch op articulatieoefeningen. Het in een microfoon ingesproken woord wordt op een kleurenmonitor groot afgebeeld. Is het woord juist gearticuleerd dan is het beeld op de monitor heel duidelijk. Zo niet, dan verschijnt er een min of meer vertekend beeld op het scherm.

Anders dan op deze foto kan en moet de leerling eigenlijk alleen oefenen. Na een oefening kan de spraakleer de computer opdragen om de woorden ten gehore te brengen, zodat hij kan beluisteren of de leerling vorderingen maakt. Ook heeft hij de mogelijkheid een beoordeling van de uitgesproken woorden te laten afdrucken.

(Persbericht Siemens)



Sabine, een Westduits, gehoor-gestoord meisje, heeft zojuist het woord 'Katze' goed uitgesproken: er is een zeer duidelijk beeld op de monitor verschenen (Foto: Siemens).

Zwarte Lucht

Gerrit de Zeeuw, *Zwarte Lucht*, Amsterdam: Uitgeverij De Harmonie. 208 pag. f 29,90 of BF 600. ISBN 90 6169 366 7. Distributie in België door Uitgeverij Contact, Edegem.

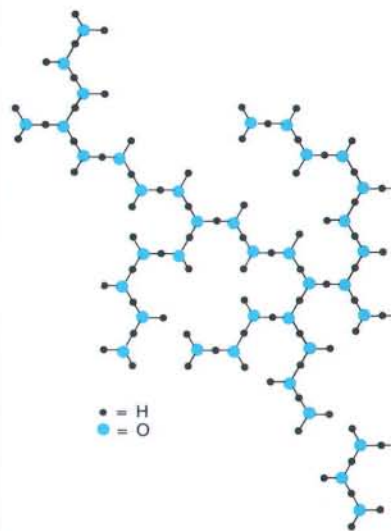
"Opgewonden onttrekken de omstanders het kleine kristallistievat geheel aan het gezicht. Op de bodem zien zij een kleine, zwarte toermalijnvormige kiem, terwijl in het omsluitende, iets warmere plasma allerlei onverwachte kleuren beginnen op de gloeien. Een baaiert van tinten die wazig in elkaar overvloeien, het hele kleurenspectrum schijnt aanwezig, met in het midden van het palet enkele tientallen gloeiende kooltjes zwart. Een massale zucht stijgt op. En terwijl de kristallen snel groter worden, en elkaar hongerig het omringende, snel slinkende plasma betwisten, veranderen de kleuren van wazig en pastelachtig naar steeds feller en intenser, alsof zich een strijd op leven en dood afspeelt..."

Chemie is spannend. Vorig jaar bijvoorbeeld, lapte Jacques Benveniste het getal van Avogadro aan zijn laars. Hij beweerde dat sommige waterige oplossingen nog biologische activiteit vertoonden, ofschoon door de grote mate van verdunning er geen enkel reactief molecuul meer in aanwezig kon zijn. De wetenschappelijke wereld stond op de'r kop en homeopaten wreven in hun handen: zouden ze dan toch nog gelijk krijgen? Het tijdschrift *Nature* stuurde haar hoofdredacteur, een goochelaar en een duivelsbezweerder op Benveniste af, teneinde fouten of malafide praktijken van deze toch wel door de wol geverfde wetenschapper aan het licht te brengen. De ontmaskeringsgroep kon de resultaten van de Fransman niet reproduceren, al was dat gezien de sfeer van het bezoek niet zo verwonderlijk.

Precies twintig jaar geleden waren wetenschappers in de ban van een ontdekking die haast nog fantastischer lijkt dan oplossingen met een 'geheugen': *polywater*. Deze naam gaf men in 1969 aan een afwijkende toestand van water die door de Russen Fedyakin en Derjaguin enige jaren eerder was gevonden. Deze vorm van water bleek niet te vergelijken met die van ijs, vloeibaar water of stoom. Volgens de Russische mededelingen bezat het 'anomale' water een kookpunt van boven de 300°C en had het een viscositeit die 15 tot 20 maal groter was dan die van normaal water: het leek wel een polymeer.

Deze zeer bizarre eigenschappen maakten van polywater de gevaarlijkste verbinding op aarde. Men vreesde dat de wereldzeeën tot een dikke stroop zouden polymeriseren, ingeval deze in aanraking mochten komen met polywater. Wanneer de havens zodoende definitief geblokkeerd zouden raken, dan konden de strategische atoomonderzeeërs net zo goed naar de sloop, als ze daar al kwamen. Toen vanuit het oosten de berichtgeving omtrent polywater aanhield, stortte men zich in het westen eveneens op het onderzoek van deze wonderlijke stof.

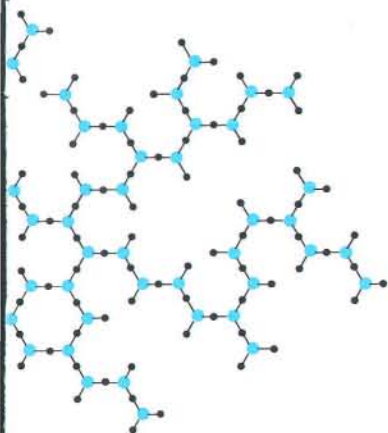
Polywater ontstond wanneer men in een met waterdamp verzadigde ruimte een groot aantal dunne holle buisjes uit verhit glas trok. Door afkoeling vormde zich in deze capillairen een laagje condens. Na enkele dagen kon een tweede fase van het gecondenseerde water worden waargenomen, het polywater. Ondanks de grote problemen die men bij het onderzoek van deze nieuwe waterfase had, slaagden sommige westerse wetenschappers erin om de Russische bevindingen te reproduceren. In 1969 kwam een Amerikaanse groep, die onder



leiding stond van E. Lippincott, met een spectrum en een structuur van de polymere watervorm op de proppen. Deze structuur week totaal af van wat men gewoon was. Volgens Lippincott vormden zuurstof en waterstof een matrix van gelijkwaardige O - H - O bindingen en dit lijkt in het geheel niet op de structuur van gekristalliseerd water, ijs. Hierin komen naast chemische bindingen in het watermolecuul ook waterstofbruggen tussen de molekulen onderling voor: deze twee bindingen, O - H...O, zijn zeker niet gelijkwaardig. Gealarmeerd door deze noviteit pakte men het onderzoek naar polywater grootscheeps aan. Een stroom publikaties, die afgezien van de gebruikelijke wetenschappelijke verslaggeving en twijfel bol stond van de speculaties, volgde. In 1970, na een aan polywater gewijd congres keerde echter het tij. Sceptis kreeg de overhand en westerse wetenschappers begonnen het bestaan van polywater te ontkennen. De experimenten waren niet of nauwelijks te reproduceren en men sprak van een 'artefact', een door de gevolgde onderzoekswijze tot stand gebracht verschijnsel dat niet op

BOEKEN

De chemische structuur van polywater, zoals Lippincott, Stromberg, Grant en Cessac die publiceerden in *Science*.



een andere manier was te bewerkstelligen. Ook de Russische voortrekker Derjaguin gaf het uiteindelijk op; eind 1973 verklaarde hij in *Nature* dat polywater niet bestond.

Zwarte Lucht lijkt veel op polywater: het is een polymeer met opzienbarende eigenschappen dat uitgaande van een alledaags materiaal, de stikstof en de zuurstof uit de lucht, wordt gemaakt. Russische onderzoekers lijken op weg dit poly-oxy-nitrogenium, ofwel Zwarte Lucht, te synthetiseren — aldus de gelijknamige 'chemische' roman van Gerrit de Zeeuw. Maar hier houdt alle vergelijking met de geschiedenis rond polywater op. *Zwarte Lucht* is fictie en dat is voor de doorsnee scheikundige te merken.

Te midden van vertrouwde namen en kreten als *Chemisch Weekblad*, *Chemical Abstracts*, vibratie, soortelijke dichtheid, pieken van het massaspectrogram of de dubbele (DNA-)helix van Watson en Crick, wordt het boek bevolkt door rareiten als de moedermelkpil, bèta-melancholol, hydro-dehydride en een Newton-Huygensindex, die de koers op de wetenschappelijke kennisbeurs karakteriseert. Voorts be-

palen alchemistische beginselen, communistische leerstellingen, overspannen toekomstbeelden, zorgen om het milieu, schizofrene eerbzucht en verheven liefde de gedragingen van de verschillende hoofdrolspelers.

Al met al bevat het boek voldoende ingrediënten om de lezer te boeien. Deze maakt mee hoe een student zich voor de kar van een niet zo talentvolle professor laat spannen en onder het toezien van glazen oog van een wetenschappelijk medewerker de ontdekking van de eeuw doet. Dit alles speelt zich rond 1974 af in de chemische faculteit van de Technische Hogeschool te Delft, waar de voort-

schrijdende politisering het onderzoek dreigt lam te leggen. Wat dit laatste thema betreft, evenaart *Zwarte Lucht* lang niet het boek *Onder professoren* van W.F. Hermans. Daarnaast rijst de vraag of de leek zich niet door de vele technische kreten zal laten afschrikken: de stijl glijdt soms af naar imponeerkunst en termgetover à la Eco. Voor iemand die wat van scheikunde afweet, is *Zwarte Lucht* echter een zeer leesbare roman, temeer omdat een lezer van zulk kaliber het gehussel van fictie met zinnigheid zal kunnen herkennen en waarderen. Maar de scheikundige die zich voornamelijk zorgen maakt over het imago van zijn of haar vak, zal het boek tandenknaarsend in de hoek werpen: er wordt alweer geen recht gedaan aan de chemische realiteit en dat terwijl fantastische voorbeelden voor het oprapen liggen.

Rob van Nues

(Met dank aan drs H. Hettema voor informatie omtrent de polywater-affaire)

NATUUR EN TECHNIEK verschijnt maandelijks, uitgegeven door de Centrale Uitgeverij en Adviesbureau B.V. te Maastricht.

Redactie en administratie zijn te bereiken op:

Voor Nederland:

Postbus 415, 6200 AK Maastricht.

Telefoon: 043-254044*.

Fax: 043-216124.

Voor België:

Tervurenlaan 32, 1040-Brussel.

Telefoon: 00-3143254044*.

Fax: 00-3143216124.

Bezoekadres:

Stokstraat 24, Maastricht.

Advertenties:

R.A. Bodden-Welsch:

tel. 043-254044*.

De Centrale Uitgeverij is ook uitgever van de CAHIERS BIO-WETENSCHAPPEN EN MAATSCHAPPIJ. Abonnees op *Natuur en Techniek* en studenten kunnen zich abonneren op deze cahiers (4 x per jaar) voor de gereduceerde prijs van f 25,- of 485 F.

Abonnementprijs (12 nummers per jaar, incl. porto): f 105,- of 2060 F. Voor drie jaar: f 245,- of 4080 BF. Prijs voor studenten: f 80,- of 1565 F.

Overige landen: + f 35,- extra porto (zeepost) of + f 45,- tot f 120,- (luchtpost).

Losse nummers: f 10,00 of 200 F (excl. verzendkosten).

Abonnementen op *NATUUR EN TECHNIEK* kunnen ingaan per 1 januari of per 1 juli, (eventueel met terugwerkende kracht) doch worden dan afgesloten tot het einde van het lopende abonnementsjaar.

Zonder schriftelijke opzegging vóór het einde van elk kalenderjaar, wordt een abonnement automatisch verlengd voor de volgende jaargang. TUSSENTIJDEN kunnen geen abonnementen worden geannuleerd.

Postrekeningen:

Voor Nederland: nr. 1062000 t.n.v.

Natuur en Techniek te Maastricht.

Voor België: nr. 000-0157074-31

t.n.v. Natuur en Techniek te Brussel.

Bankrelaties:

Voor Nederland: AMRO-Bank N.V. te Heerlen, nr. 44.82.00.015.

Voor België: Kredietbank Brussel, nr. 437.6140651-07.

PRIJSVRAAG

Oplossing augustus

Vele puzzelaars zijn de professor te hulp gesnel bij het probleem van de suikerzakjes. Wat was het meest waarschijnlijke aantal verschillende suikerzakjes wanneer van de dertien gekregen zakjes er op tien een andere auto stond afgebeeld? De professor slaagde er met behulp van zijn zakrekenmachientje in om deze vraag te beantwoorden. Hij veronderstelde dat er in werkelijkheid a verschillende suikerzakjes waren. De kans op tien verschillende onder 13 zakjes is dan:

$$p_a = \frac{{}^{13}a(a-1)(a-2)\dots(a-9)10^3}{a^{13}}$$

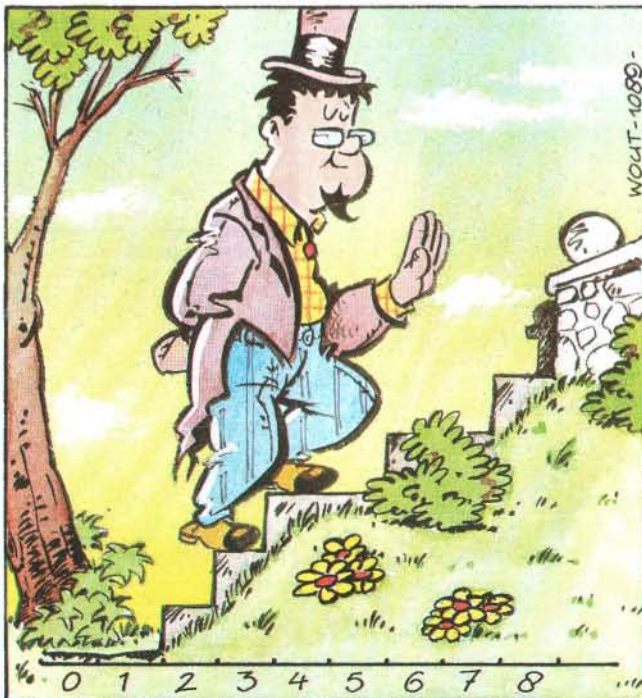
Vervolgens paste de professor het theorema van Bayes toe, dat zegt dat de kans op a verschillende zakjes gelijk is aan:

$$\frac{P_a}{P_{10} + P_{11} + P_{12} + \dots}$$

Deze kans is maximaal als $f(a)$ maximaal is met:

$$f(a) = \frac{(a-1)(a-2)\dots(a-9)}{a^{12}}$$

De professor vond dat $f(10) < f(11) < f(12), \dots < f(22) > f(23)$, zodat de kans op 22 verschillende zakjes het grootst was. Omdat de professor zag dat de kansen op het aantal zakjes tussen 19 en 25 elkaar maar weinig ontlepen, was hij nieuwsgierig naar het werkelijke aantal. De restauranthouder hielp hem uit de droom en vertelde dat de zakjes in pakketten van 1000 werden aangeleverd. Elk pak bevatte 20 verschillende soorten en van elke soort 50 stuks.



Aangezien de puzzelredactie naar de berekening van de professor vroeg, heeft zij het boek uit de Wetenschappelijke Bibliotheek van Natuur en Techniek verlost onder de inzenders die 22 verschillende zakjes als het meest waarschijnlijke aantal noemden. Degene die een boek mag uitkiezen, is Johan Smessaert uit Blankenberge. Tot de hoogste sport van de ladder klom deze maand A.H. Olde Bijvank uit Groningen, die een jaar lang Natuur en Techniek gratis zal ontvangen.

De nieuwe opgave

Onlangs heeft de professor een terras aangelegd aan de voet van de heuvel waarop zijn huis staat. Helaas ontbreekt er een trap die het terras met het woonhuis verbindt. Nu wil de professor een trap laten aanleggen waarvan de treden allemaal even hoog zijn, terwijl de diepte van een trede of één keer of twee keer zo groot is als de hoogte ervan. In de afbeelding bestijgt hij een trap die een diepte van 8 eenheden overbrugt. De professor heeft een formule opgesteld die zegt hoeveel verschillende trappen met n diepte-eenheden kunnen worden gemaakt. Welke formule is dat? Inzenders die deze opgave, die beschikbaar is gesteld door de organisatie van de Nederlandse Wiskunde Olympiade, goed beantwoorden, krijgen zes punten bijgeschreven in de laddercompetitie. Ook dingen zij mee naar de lootprijs, een boek uit de Wetenschappelijke Bibliotheek van Natuur en Techniek. Oplossingen moeten voor maandag 13 november op de puzzelredactie zijn.

Adres:
Natuur en Techniek
Prijsvraag
Postbus 415
6200 AK Maastricht

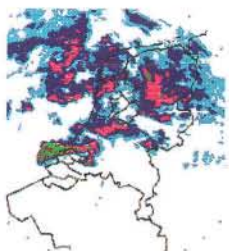
VOLGENDE MAAND IN NATUUR EN TECHNIEK



Winter

Prof dr D.J. Kuenen

In onze cultuur staat winter voor koude, duisternis, honger en ongemak. Een schamel tegenwicht vinden we soms op zeventiende eeuwse schilderijen, waarop het winterseizoen borg lijkt te staan voor een rijke jachtbuit. Welke strategieën hebben planten en dieren ontwikkeld om in deze moeilijke periode te overleven?



Reactie- mechanismen

Prof dr Th. J. de Boer

Met een elektronen-paar als cement tussen atomen zijn chemische bindingen nauw betrokken bij chemische reacties. Deze reacties verlopen volgens principes die verschillen in de verdeling van het 'cement'. Hoe die verdeling tot stand komt is de vraag bij de studie van reactiemechanismen.



Centrale mestverwerking

Prof dr W.H. Rulkens en ing F. van Voorneburg

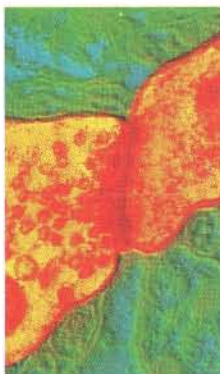
Behalve vlees, produceert de veehouderij zoveel mest dat van een serieus milieuprobleem sprake is. De ammoniak, die uit de mest verdampst, is één

van de oorzaken van zure regen en het nitraat vervuult ons drinkwater. Fabrieksmatige mestverwerking kan het probleem helpen oplossen.

Sneeuw en satellieten

Dr W. Klaassen

Smeltende sneeuw is aan het aardoppervlak een vrij zeldzaam verschijnsel, maar komt veelvuldig voor in de atmosfeer. Daar hindert zij het radiocontact met satellieten en die hinder zal toenemen als steeds meer satellieten de ether moeten delen.



Keramik

Dr P.P.J. Ramaekers en drs W.M.J. Pastoors

In de machinebouw en de elektronica lijkt keramiek het materiaal van de toekomst. De miljarden dollars die vooral in Japan en de Verenigde Staten in onderzoeksprojecten worden gestoken, wekken de indruk dat we gaan beschikken over materialen met veelbelovende toepassingsmogelijkheden.



Celsignalen

Dr P.M.W. Janssens

Om in hun omgeving te kunnen functioneren moeten zowel levende wezens, als de cellen waaruit ze zijn opgebouwd, gevoelig zijn voor allerlei signalen en daar een passende reactie op vertonen. Biochemici hebben ontdekt, dat totaal verschillende soorten organismen en celtypen die signalen ongeveer op dezelfde wijze verwerken.

Epilepsie

In Nederland en België lijden naar schatting 150 000 mensen aan epilepsie. Deze aandoening kent vele verschijningsvormen. Wat zij gemeen hebben is dat de epileptische aanvallen plotseling optreden en – in de meeste gevallen – weer even abrupt verdwijnen. Het meest opvallend zijn de aanvallen waarbij patiënten hun bewustzijn verliezen en op de grond vallen. Vanouds boezemt zo'n schouwspel de omstanders angst in. Lichte vormen van epilepsie worden door de omgeving van de patiënt nauwelijks opgemerkt. Door de elektrische activiteit in de hersenen te meten kan men echter bijna altijd aantonen dat er toch sprake is van epilepsie. Met nieuwe technieken en apparatuur kan men de diagnose nog beter stellen. Die snelle ontwikkeling ontbreekt ten aanzien van de behandeling van epilepsie. Er zijn nog geen nieuwe geneesmiddelen. Men verwacht echter dat in de komende jaren de behandelingsmethoden verfijnd zullen worden. Epilepsie kan iemands gehele leven beïnvloeden. Er is onzekerheid over het tijdstip van de aanval en wat er tijdens die aanval gebeurt. Er is angst voor de reacties van de omgeving. Dit alles speelt een grote rol in de persoonlijke sociale ontwikkeling, zoals bij opleiding, werk en relaties.

**Zojuist
verschenen**



INHOUD

Epilepsie in historisch perspectief
C. Troch

Epilepsie bij Azteken en Inca's
J.G.R. Elferink

Epidemiologie
M.J. Rutgers

Verschijningsvormen
H. Meinardi

Diagnostiek en behandeling
J.L. Blom

Onderzoek naar oorzaken
R.A. Voskuyl

**Ontwikkelingen in de neuro-
psychologie**
W.C.J. Alpherts & A.P. Aldenkamp

Sociale aspecten
M.J. Rutgers

Leerproblemen, Slaaponderzoek
A.C. Declerck

Slotbeschouwing
C. Peper

CAHIERS BIOWETENSCHAPPEN EN MAATSCHAPPIJ

Voor abonnees op de Cahiers Biowetenschappen en Maatschappij is dit nummer 3 van de 13e jaargang.

Abonnementsprijs (4 cahiers per jaar) f 25,00 of 485 F. Losse nummers f 7,50 of 145 F (excl. verzendkosten).

Verkrijgbaar bij: Natuur en Techniek – Informatiecentrum – Op de Thermen – Postbus 415 – 6200 AK Maastricht – Tel. 043-254044. Vanuit België: 00-31-43254044.